

12 | 56<sup>e</sup> jaargang

# NATUUR '88 & TECHNIEK

natuurwetenschappelijk en technisch maandblad



**NOBELPRIJZEN 1988/** DE CHEMIE VAN WIJN/ HYPERFIJNE TIJDMETING/  
MESTREDUCTIE BIJ PLUIMVEE/ WAAROM SUIKER ZOET IS

**Algemene  
Hogeschool  
Amsterdam**

**Technische en Maritieme Faculteit**

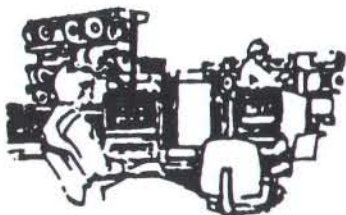
**PHTO A**

POST HOGER TECHNISCH ONDERWIJS 'AMSTERDAM'

Europaboulevard 23 - 1079 PC Amsterdam  
Tel. 020 - 429333

In september 1989 zullen weer starten de cursussen:

- ☆ Afvalproblematiek
  - ☆ Bedrijfskunde - Productie/Logistiek
  - ☆ Bedrijfskunde - Commerciële Techniek
  - ☆ Besturings Technologie (M&R)
  - ☆ Computer Science
  - ☆ Computersimulatie - Dynamische Systemen
  - ☆ C-unix/Systeem Prog. - Prolog/Expert
  - ☆ Klimaattechniek
  - ☆ Milieuhygiëne Basis
  - ☆ Milieuhygiëne Specialisaties
  - ☆ Milieu Effect Rapportage
  - ☆ Flexibele Productie Systemen
  - ☆ Vermogens Electronica
  - ☆ Warmtekrachtkoppeling
- Bodem  
Lucht  
Water



**OPEN AVOND:**  
**di. 20 juni 1989**  
**19.00 - 21.00 uur**

**TOELATING:**

HTS-ingenieur of gelijkwaardig (tekorten kunnen worden aangevuld bij het avondonderwijs van de Algemene Hogeschool Amsterdam).

De Algemene Hogeschool Amsterdam is tot stand gekomen door fusie van 11 instellingen voor hoger beroepsonderwijs. Daarmee is een onderwijsorganisatie ontstaan met een groot en gevarieerd studieaanbod. Zowel dagopleidingen als deeltijdopleidingen, en vele cursussen op het gebied van na- en bijscholing en post HBO.





# NATUUR '88 & TECHNIEK

Losse nummers:  
f 10,00 of 200 F.

**natuurwetenschappelijk en technisch maandblad**



## Bij de omslag

Farmaceutisch onderzoek ligt aan de basis van nieuwe geneesmiddelen. De Nobelprijs voor de Geneeskunde gaat dit jaar naar een drietal onderzoekers die in het geneesmiddelenonderzoek belangrijke doorbraken realiseerden. Zij ontwikkelden nieuwe medicijnen op basis van een chemisch-fysiologische analyse van de ziekte.

(Foto: Behringwerke, Marburg, BRD)

Hoofdredacteur: Th.J.M. Martens.

Adj. hoofdredacteur: Dr G.M.N. Verschuuren.

Redactie: Drs H.E.A. Dassen, Drs W.G.M. Köhler, Drs T.J. Kortbeek.

Redactiesecretaresse: T. Habets-Older Juninck.

Onderwijscontacten: W.H.P. Geerits, tel. 04759-1305.

Redactiemedewerkers: A. de Kool, Drs J.C.J. Masschelein, Drs C.F.M. de Roos, Ir S. Rozendaal, Dr J. Willems.

Wetenschappelijke correspondenten: Ir J.D. van der Baan, Dr P. Bentvelzen, Dr W. Bijleveld, Dr E. Dekker, Drs C. Floor, Dr L.A.M. v.d. Heijden, Ir F. Van Hulle, Dr F.P. Israel, Drs J.A. Jasperse, Dr D. De Keukeleire, Dr F.W. van Leeuwen, Ir T. Luyendijk, Dr P. Mombaerts, Dr C.M.E. Otten, Ir A.K.S. Polderman, Dr J.F.M. Post, R.J. Querido, Dr A.F.J. v. Raan, Dr A.R. Ritsema, Dr M. Sluysers, Dr J.H. Stel, J.A.B. Verduijn, Prof dr J.T.F. Zimmerman.

Redactie Adviesraad: Prof dr W. J. van Doorenmaalen, Prof dr W. Fiers, Prof dr H. van der Laan, Prof dr ir A. Rörsch, Prof dr R. T. van de Walle, Prof dr F. Van Noten.

De Redactie Adviesraad heeft de taak de redactie van *Natuur en Techniek* in algemene zin te adviseren en draagt geen verantwoordelijkheid voor afzonderlijke artikelen.

Grafische vormgeving: H. Beurskens, J. Pohlen, M. Verreijt.

Druk.: VALKENBURG OFFSET b.v., Echt (L.). Tel.: 04754-1223\*.

Redactie en administratie zijn te bereiken op:

Voor Nederland: Postbus 415, 6200 AK Maastricht. Tel.: 043-254044\*.

Voor België: Tervurenlaan 32, 1040-Brussel. Tel.: 00-3143254044

**EURO**  
ARTIKEL

Artikelen met nevenstaand vignet resulteren uit het EURO-artikelen project, waarin NATUUR EN TECHNIEK samenwerkt met ENDEAVOUR (GB), LA RECHERCHE (F), BILD DER WISSENSCHAFT (D), SCIENZA E TECNICA (I), TECHNOLOGY IRELAND (EI), PERISCOPIO TIS EPISTIMIS (GR) en MUNDO SCIENTIFICO (E), met de steun van de Commissie van de Europese Gemeenschappen.



Gehele of gedeeltelijke overname van artikelen en illustraties in deze uitgave (ook voor publikaties in het buitenland) mag uitsluitend geschieden met schriftelijke toestemming van de uitgever en de auteur(s).

Een uitgave van

ISSN 0028-1093



**Centrale uitgeverij en adviesbureau b.v.**

# INHOUD

ACTUEEL	X
AUTEURS	XII
HOOFDARTIKEL	961
NOBELPRIJZEN 1988	962

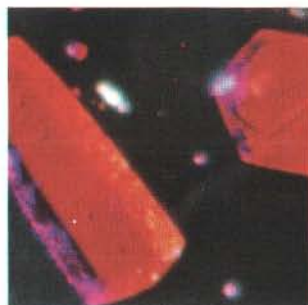
## FOTOSYNTHESE

964

Nobelprijs voor de Scheikunde

**J. Ames**

De Nobelprijs voor de Scheikunde gaat dit jaar naar drie Duitse onderzoekers (Michel, Deisenhofer en Huber) die er in geslaagd zijn de structuur van het fotosynthetisch reactiecentrum op te helderen.



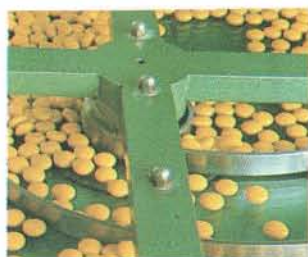
## GENEESMIDDELEN

970

Nobelprijs voor de Geneeskunde

**M.G. Bogaert en N.H. Fraeyman**

De onderzoekers Black, Elion en Hitchings, die dit jaar deze prijs delen, hebben zich vooral verdienstelijk gemaakt in het onderzoek naar nieuwe geneesmiddelen via een nieuwe denkwijze.



## NEUTRINOBUDELS

976

Nobelprijs voor de Natuurkunde

**K.J.F. Gaemers**

Hoe toon je het bestaan aan van een deeltje dat overal doorheen gaat, zelfs door de aarde en de zon? De fysici Lederman, Schwartz en Steinberger delen de Nobelprijs voor hun oplossing van dit probleem. Zij lieten zien dat er meerdere soorten neutrino's zijn.



## BOURGONDISCHE AMINOZUREN

982

De chemie van wijn

**P.D. Dirinck en W.C.G. Ooghe**

Wijn is een drank die wordt verkregen door alcoholische gisting van het sap van verse druiven. De kwaliteit van de wijn hangt af van een groot aantal factoren, waarvan de gebruikte druif, de teelt en de verwerkingswijze de belangrijkste zijn. In chemisch opzicht is wijn een zeer gecompliceerde oplossing van een groot aantal verbindingen. De samenstelling van die oplossing bepaalt geur en smaak en is, wat de aminozuren betreft, karakteristiek voor de streek waar de wijn vandaan komt.





# NATUUR '88 & TECHNIEK

december/ 56<sup>e</sup> jaargang/1988



## HYPERFIJNE TIJDMETING

994

G. de Jong

De tijd imponeert mensen al eeuwen en heeft vele merkwaardige facetten. Ook al staat de klok stil, de tijd gaat steeds maar door. Iedereen heeft een idee van wat tijd is, toch kan niemand er een goede definitie van geven. Tijd kan wel exact gemeten en vergeleken worden. We moeten dan een onderscheid aanbrengen tussen de tijd die aangeeft hoe lang iets duurt, de tijdsduur, en de tijd die aangeeft hoe laat iets gebeurt, het tijdstip. Een stopwatch bijvoorbeeld meet de tijdsduur, een klok het tijdstip. Als standaarden dienen geavanceerde atoomklokken.



## MESTREDUCTIE BIJ PLUIMVEE

1006

Het milieu pikt een graantje mee

W.M.M.A. Janssen

Berichten over bodemvervuiling, zure regen en verontreiniging van grond- en oppervlaktewater lezen we tegenwoordig dagelijks in de krant, of we zien ze op de televisie. Voor een deel is de landbouw, met name de veehouderij, oorzaak van deze problemen. Veevoedergrondstoffen worden uit de hele wereld ingevoerd. De dieren zetten ze om in vlees, eieren en melk, die voor een groot deel weer worden uitgevoerd. Alleen de mest blijft hier en vormt een probleem. Een verbeterde samenstelling van het voer is een mogelijkheid om de hoeveelheid mest te verminderen.



## WAAROM SUIKER ZOET IS

1018

G.G. Birch

Wanneer we suiker op onze tong leggen, zeggen we dat dat zoet smaakt. Nog veel zoeter dan suiker is de stof aspartaam, een verbinding van twee aminozuren. Chemisch totaal verschillende stoffen leveren blijkbaar dezelfde smaaksensatie op. Hoe komt het dat een stof zoet smaakt en is op grond van de chemische structuur te voorspellen of dit het geval zal zijn? De laatste jaren neemt men aan dat dit inderdaad mogelijk is. Alle zoete stoffen zouden dan een gemeenschappelijk structuurkenmerk moeten bezitten dat een rol speelt bij de binding op de tong.

## ANALYSE EN KATALYSE

1026

De beperkte rationaliteit van de wetenschap/De erfenis van Galileo Galilei

## VRAGEN/PRIJSVRAAG/EIGEN ONDERZOEK

1036

## INDEX NATUUR & TECHNIEK 1988

1039

# CHINA

## *In het land van Qin en de Dai*



Net als bij onze succesvolle reizen naar Afrika en Peru leggen we bij deze China-reis het accent op avontuur, cultuur en natuur. We zullen door zeer verschillende landschappen reizen: de bizarre karstgebieden van Guilin, de naaldbossen op de heilige Boeddhahberg Emei en de subtropische regenwouden in het zuidelijke Yunnan.

's Morgens vroeg, bij zonsopgang, zullen wij wandelen in het 'Versailles' van de Qing-keizers in Chengde, 250 km noord van Beijing, met uitzicht op de met lotus bedekte meren, speelse paviljoenen en pagodes en de bergen van Yanshan. We zullen de nacht doorbrengen in een Boeddhistisch klooster midden in de mysterieuze bossen van Emei. We zullen de Lancang-rivier bevaren en wandelingen maken naar en door de Dai-dorpen, vlakbij de grens met Laos en Burma, die omgeven zijn door een uitbundige en exotische flora en fauna. We komen oog in oog te staan met de culturele 'musts' van dit land: pagodes, schitterende musea, paleizen, graven, de Grote Muur en de Verboden Stad. We zullen genieten van culturele avonden en vooral ook van het voortreffelijke eten.

Ook zullen we meer lokale confrontaties aangaan door een bezoek te brengen aan kleine dorpen, schooltjes, Boeddhistische kloosters, de steegjes (hutongs) van het oude Beijing en ziekenhuisjes, waar we kennismaken met de Chinese geneeskunde (acupunctuur). Kortom, we zullen veel aspecten van dit fascinerende land leren kennen.

Het is een reis voor mensen die al enige reiservaring hebben en die bereid zijn China te accepteren zoals het is: een land dat toeristisch nog enigszins in de kinderschoenen staat, waardoor soms onver-

## Een 26 daagse reis naar het 'Middenrijk'

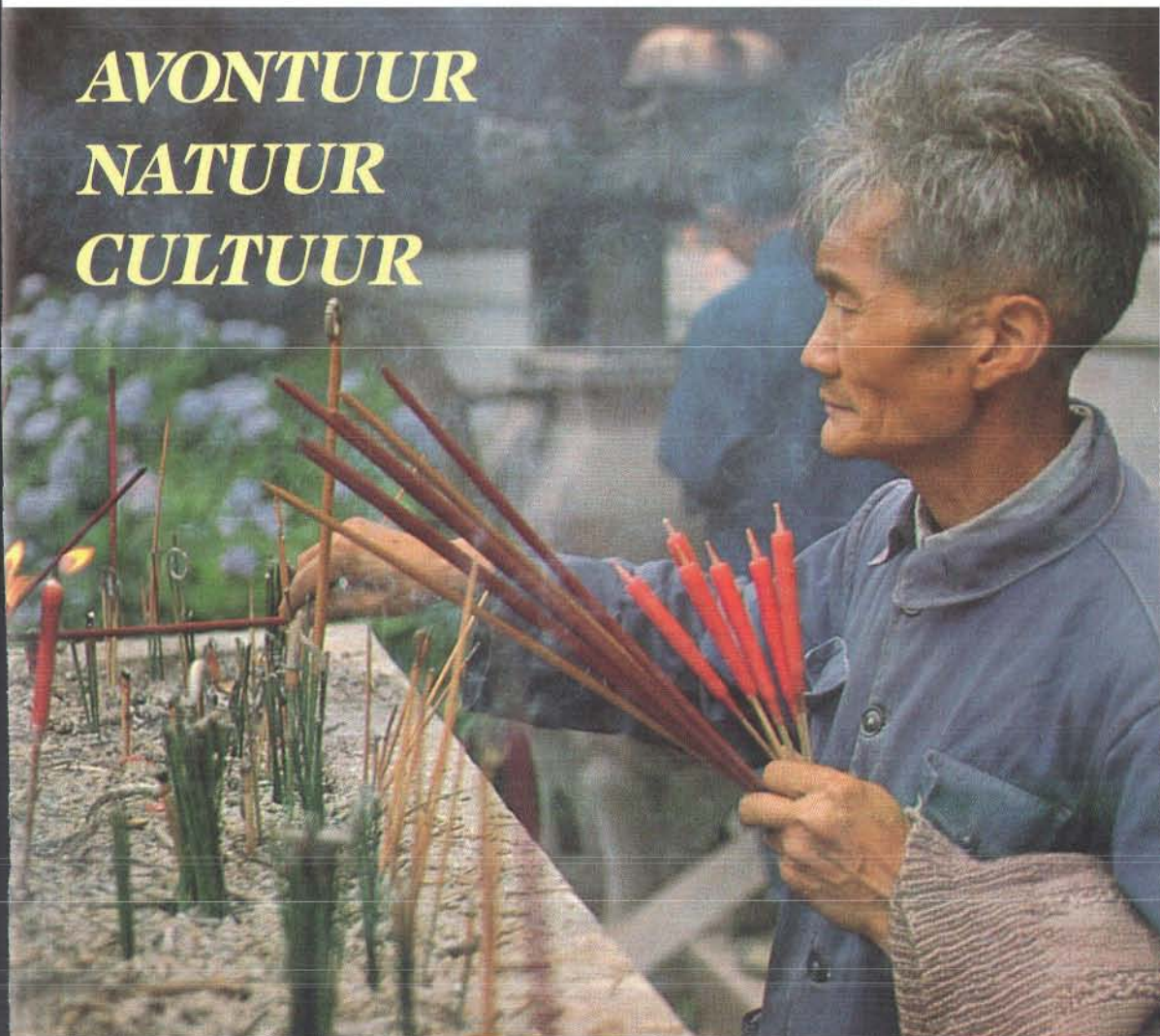


# 一路顺风

Moge het pad dat u gaat geplaveid zijn.

Eerste reis: 14 juli t/m 8 augustus 1989 ; Tweede reis: 22 september t/m 17 oktober 1989

**AVONTUUR  
NATUUR  
CULTUUR**



**NATUUR  
& TECHNIEK**

**Lufthansa**  


**ACN** TOURS AND  
EXPEDITIONS

wachte veranderingen in het programma optreden, om voor ons merkwaardige redenen.

Waar mogelijk zullen we in uitstekende eersteklas hotels verblijven. Soms echter moeten we met een uiterst bescheiden accommodatie tevreden zijn, zoals in de Dai-dorpen en bij de monniken van Emei.

Bovenal is het echter een voorrecht om een historisch-culturele, avontuurlijke en

afwisselende ontdekkingsreis te mogen maken naar dit land om zo onze horizon te verruimen. We zullen ervaren wat Mao Zedong bedoelde toen hij schreef: 'Do not open the doors and windows to the west, because flies and other insects come into China...', wat door Deng Xiaoping gecorrigeerd werd tot: 'Open the doors and windows. Please, let fresh air in and we will take care of the flies and other insects'.

---

### **De Chinareis van dag tot dag**

Aangezien deze reizen zeer zorgvuldig ter plekke worden voorbereid en juist bij het ter perse gaan van dit nummer van Natuur en Techniek een tweede exploratiereis naar China plaatsheeft, kan het zijn dat het programma op enkele plaatsen bijgesteld, maar ook verbeterd wordt, op grond van de bevindingen aldaar.

#### **Eerste dag**

Vertrek vanaf Schiphol naar Frankfurt, en vandaar met een lijnvlucht van de Lufthansa naar Hongkong.

#### **Tweede dag**

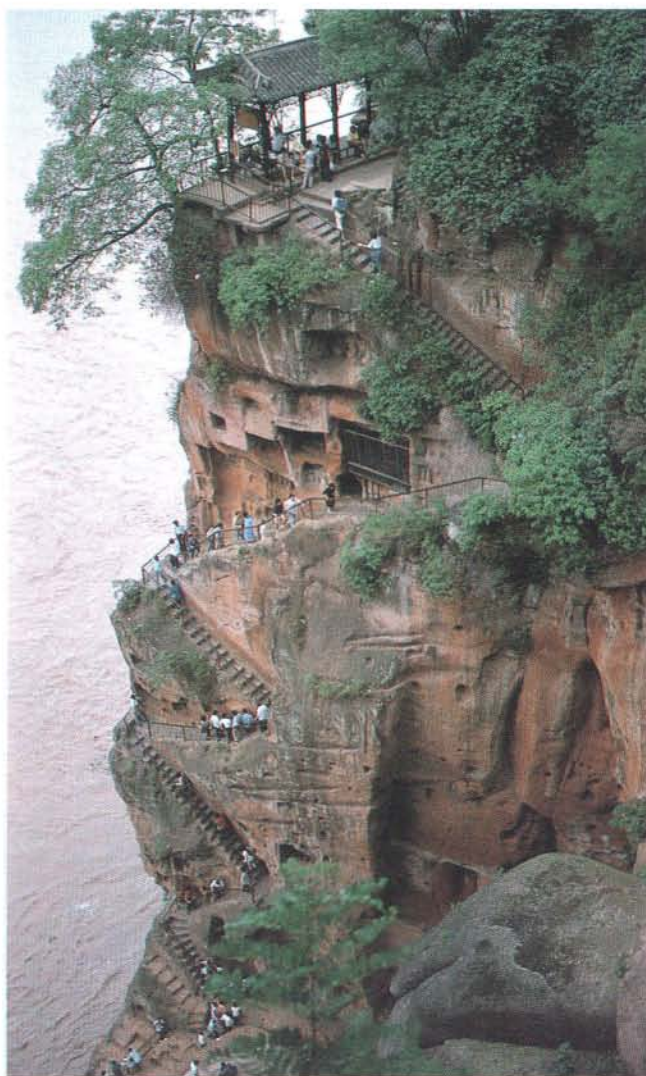
Aankomst op het Kai-tak vliegveld van Hongkong. Vervoer naar ons hotel. Rest van de dag ter vrije beschikking. 's Avonds een welkomstdiner in een sfeervolle omgeving.

#### **Derde dag**

Excursies in en om deze fascinerende stad en verder vrij voor het doen van eventuele bijzondere inkopen.

#### **Vierde dag**

Reizen we naar Guangzhou (Kanton), een zeer levendige bloemenstad, waar we onder andere straatmarkten, de bonzaituinen, de vogelmarkt en een bezoek aan de Zes-Banyan bomen-tempel niet mogen missen. We logeren in het schitterend gelegen White Swanhotel op het eiland Shamian, met uitzicht over de Parelriever. Natuurlijk zullen we hier ook kunnen genieten van de veelgeroemde Kantonese keuken.



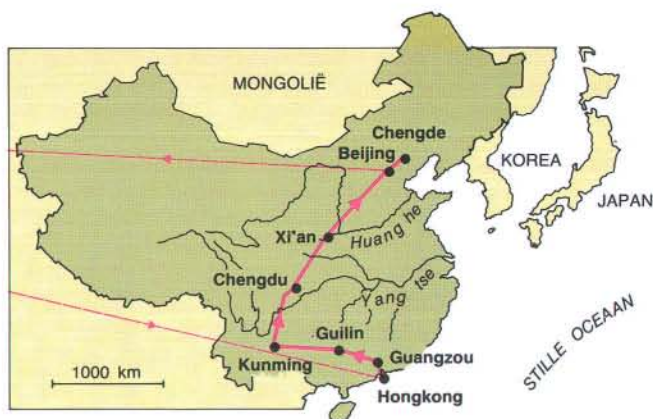


### Vijfde en zesde dag

We vliegen naar Guilin (ca. 1 uur) met zijn absoluut unieke karst-landschap. Tijdens de boottocht op de Li-rivier herkennen we de beroemde en karakteristieke Chinese landschapstekeningen. We bezoeken een zeer spectaculaire Reed flutegrot en logeren in het Danguihotel.

### Zevende t/m dertiende dag

Deze week is uitgetrokken voor verkenningen van de Stad-van-de-eeuwige-lente Kunming en omgeving. We bezoeken onder-



meer Shilin en het vermaarde Stenen woud. Vanuit Kunming starten we onze exploratie van het subtropische zuiden met zijn exotische flora en fauna. We vliegen naar Simao en rijden vandaar naar Xishuangbanna, een gebied van 25000 km<sup>2</sup>, waar vele minderheidsgroepen wonen, waarvan de Dai de grootste vormen. We zullen hun dorpjes bezoeken met hun markten en huizen op bamboepalen, onder andere tijdens een boottocht op de Lancang-rivier. In dit gebied komen weinig bezoekers en wij zullen er gastvrij onthaald worden. Dit deel van de reis draagt een avontuurlijk karakter, de accommodaties zijn eenvoudig en we zullen er bijzondere lokale situaties meemaken, waar we op in zullen moeten spelen.



### Veertiende t/m achttiende dag

We reizen naar Chengdu/Leshan en de berg Emei. Chengdu is de hoofdstad van de provincie Sichuan. Brocaat en hibiscus zijn er belangrijke producten. We bezoeken er de 2000 jaar oude irrigatiewerken van Dujiangyan en het Boeddhistische Klooster-van-het-kostbare-licht uit de Handynastie van rond het begin van onze jaartelling. Dit is het begin van een vier dagen durende 'pilgrimage' naar Leshan en de berg Emei. Hier komen we in een wereld terecht van ongekend natuurschoon en levend Boeddhisme. Dit laatste zullen wij vooral ervaren als we 's avonds, met vele Chinese bezoekers van deze heilige berg met zijn duizenden treden (draagbaar te huur) en tientallen kloosters, in het Wannian-klooster achterblijven en er met de monniken een *puya* meemaken, hun eenvoudige (vegetarische) maaltijd nuttigen en overnachten. Een moment om in gedachten stil te staan bij onze reis, en bij onszelf...

### Negentiende en twintigste dag

In ca. twee uur vliegen we naar Xi'an, met 3000 jaar één van China's oudste steden. We bezoeken er de Ganspagode, die in 12 eeuwen 70 aardbevingen doorstond, het schitterende provinciale museum en als hoogtepunt de onlangs opgegraven terra-cotta-legers van China's eerste keizer Qin Shi Huangdi. In de avond genieten we van het uitstekende eten en van een show die voornamelijk is opgedragen aan de Tang-dynastie. We logeren in het Xi'an-hotel.

### Eénentwintigste dag

Vliegen naar Beijing, waar we het gunstig gelegen en luxueuze International Hotel betrekken. 's Middags maken we een excursie naar het Plein-van-de-hemelsevrede en de Verboden stad; 's avonds is er een bijzonder etentje en bezoeken wij een culturele voorstelling.

### Tweeëntwintigste en drieëntwintigste dag

Per trein gaan we in vier uur naar Chengde, het 'Versailles' van de

schap gelegen 'East-tombs' van de Qing-keizers. Hier liggen aan de voet van een berg de graven van vijf keizers, vijftien keizerinnen, 100 keizerlijke concubines en één prinses. We vervolgen onze tocht naar een mooi stukje van de Chinese Muur en keren daarna terug naar Beijing.

### Vijfentwintigste dag

Onze laatste dag in China. Er is een aantrekkelijke keuze uit verschillende excursies, zoals een wandeling door de oude wijken



Qing-keizers. Daar wachten ons prachtige zomerresidenties met paleizen, paviljoens, pagoden, lotusvijvers en buitentempels. We overnachten in Mongoolse Yurts, maken een vroege ochtendwandeling en brengen de verdere dag door in het schitterende park.

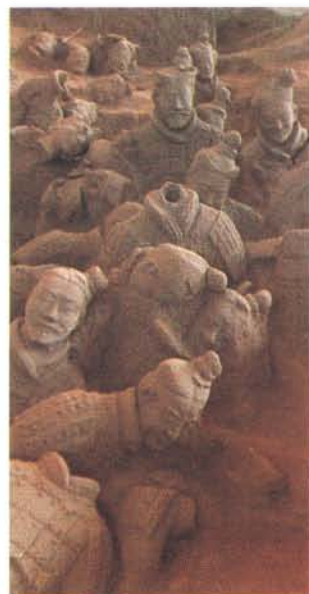
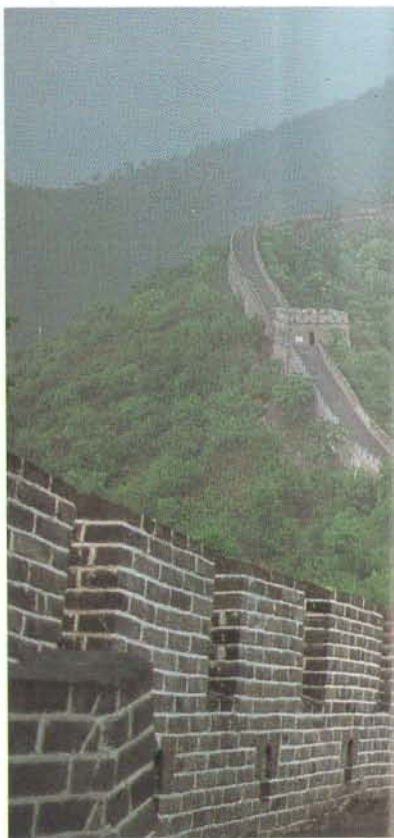
### Vierentwintigste dag

Per bus verlaten we Chengde naar de in een prachtig land-

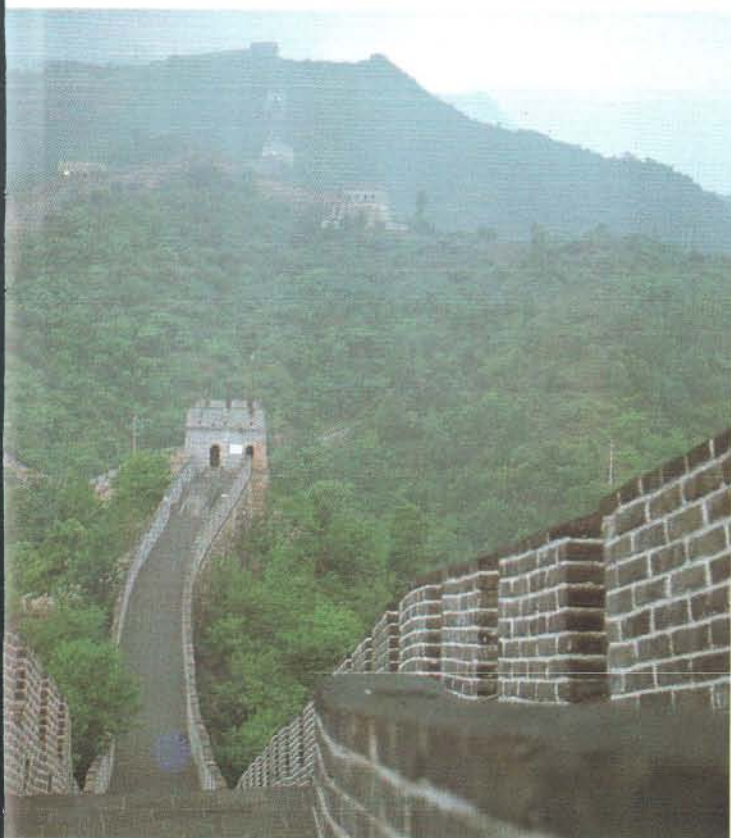
van Beijing met zijn web van steegjes (hutongs), het Chinees Historisch Museum, het mausoleum van Mao of de Hemelse Tempel. Na een voortreffelijk afscheidsdiner verlaten we het land van Qin en de Dai met de lijnvlucht Peking-Frankfurt-Amsterdam van de Lufthansa.

### Zesentwintigste dag

Aankomst op Schiphol; einde van de reis.







De reis wordt volgens traditie voorafgegaan door een *kennis-makingsbijeenkomst*, waar de deelnemers uitvoerig worden voorgelicht en dia's worden vertoond. Na elke reis organiseren wij een reünie.

*Groepsgrootte:* minimaal 10 en maximaal 16 personen.

*Reissom:* reizen naar China zijn in het algemeen vrij kostbaar. We hebben bewust gekozen voor een reis op hoog niveau, qua programma, reisduur en accommodatie, en voor beperking van de groepsgrootte. Zo gezien krijgt men voor de reissom van f 8500 (153 000 BF) waar voor zijn geld. In de reissom is vrijwel alles inbegrepen: alle vluchten, excursies, reisbegeleiding vanuit Nederland, goede lokale gidsen, eersteklas en luxe hotels (waar mogelijk), alle (uitstekende) maaltijden, luchthavenbelasting, enzovoort.

*Niet inbegrepen:* Transport van en naar Schiphol, RBO/annuleringsverzekering, eventuele vaccinaties en, in verband met bewegingsvrijheid, één lunch of diner in Hongkong. Toeslag voor één-persoonskamer is op aanvraag.

*Inlichtingen en inschrijven:* U kunt zich inschrijven voor deze reis na storting van f 500 op bankrekening 259822221 (giro-nummer van de bank is 1884666) ten name van Stichting MB-excursies te Klimmen, onder vermelding van 'Chinareis' met de data waarop u mee wilt en uw naam en uw adres. De inschrijving vindt plaats in de volgorde waarop de inschrijvingen bij ons binnenkomen. Inschrijvers ontvangen daarna een uitnodiging voor onze informatiebijeenkomst, die circa acht weken voor het vertrek zal zijn. Direct na deze meeting kunt u de reis nog kosteloos annuleren en uw inschrijfgeld minus f 50 algemene onkosten terugontvangen.

Wilt u nog nadere inlichtingen hebben, dan kunt u bellen of schrijven naar het secretariaat van de Stichting MB-excursies, Graaf van Waldeckstraat 33, 6212 AN Maastricht, tel. 043-216137 (vanuit België: 00-3143216137).





## Regenboogforel luidde de noodklok

Tussen 9 en 11 mei zagen de eigenaren van enige regenboogforellenkwekerijen in de Gullmarfjord aan de westkust van Zweden hun produktie voor hun ogen verdwijnen. Op 9 mei namen ze voor het eerst abnormaal gedrag van de vissen waar. Het leek alsof de vissen stikten. Dat deden ze ook, binnen enkele uren waren de meeste forellen dood. Binnen enkele dagen gebeurde hetzelfde in vele viskwekerijen langs de Zweedse westkust en de Noorse zuidkust. De schade werd door de media op honderden miljoenen guldens geraamd. Op de algemene vergadering van de International Council for the Exploration of the Sea (ICES) die van 5 tot 12 oktober in Bergen, Noorwegen plaats vond, was er veel belangstelling voor deze massale vissterfte. De economische schade viel achteraf gezien echter mee. In Noorwegen is deze circa 20 miljoen gulden.

De winter van 1988 was in Zuid-Scandinavië bijzonder zacht. Het regende meer dan gewoonlijk. Hierdoor spoelden veel meer voedingsstoffen van het land naar de zee. Zo was de stikstofconcentratie in het oppervlaktewater 80% hoger dan het gemiddelde van de afgelopen 10 jaar. De fosfaatconcentratie lag 50% boven het gemiddelde en de temperatuur was 2°C hoger dan gewoonlijk. Het hoge voedingsstoffenpercentage in het Skagerrak leidde tot een driemaal zo sterke voorjaarsbloeï van fytoplankton. Deze bloei, die in maart begon, was echter al voorbij toen in mei de bloei van een tot nu toe nauwelijks bekende toxische alg begon. In tegenstelling tot de vorige planktonbloeï waren de voedingsstoffenconcentraties in het begin van deze maand niet meer abnormaal hoog. De nieuwe bloei ontstond in een periode van oostelijke winden, zonnig weer en snel toene-

mende temperaturen. De uitstroming van water vanuit de Baltische Zee naar de Noordzee was groot. Hierdoor daalde langs de Zweedse westkust en de Noorse zuidkust het zoutgehalte van het oppervlaktewater snel, tot een diepte van circa 15 meter. De te verwachten economische schade van deze algenbloeï leidde al snel tot een gezamenlijk onderzoeksprogramma van Deense, Duitse, Noorse en Zweedse wetenschappers.

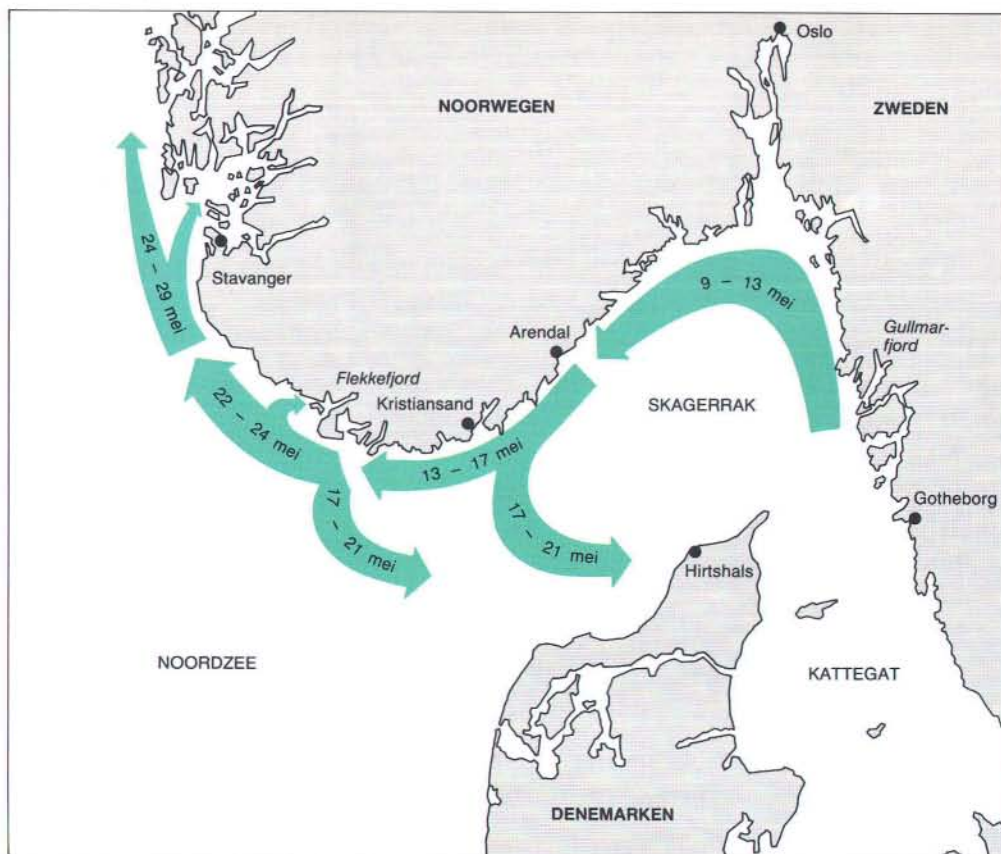
### De boosdoener

De veroorzaker van deze ramp is nu bekend. Het is de toxische alg, *Chrysochromulina polylepis*. De alg is echter zo klein dat zij onder een normale microscoop niet opvalt. Voor de identificatie van wat in de eerste week van het onderzoek bekend stond als 'een klein rondje' was de elektronenmicroscoop nodig. De alg is een flagellaat met een diameter van circa 0,01 mm. Er zijn vele flagellaten bekend en ze zijn alle toxisch. Waarom dat zo is weten we echter niet. *Chrysochromulina polylepis* was in kleine hoeveelheden (één miljoen exemplaren per liter) reeds lang uit het Skagerrak bekend. Tijdens de catastrofale bloei in mei en juni kwam het plantje echter gemiddeld ruim vijfmaal zoveel voor als de 'normale' hoeveelheid, met uitschieters naar tachtigmaal. Deze hoeveelheden troffen onderzoekers alleen aan in water met een iets lager dan het normale zoutgehalte, dat in de bovenste 15-20 meter water voorkwam. Het effect was echter geweldig. Kikvorsmenschen zagen dat niet alleen vissen, maar de hele fauna en flora tot circa twintig meter diepte werd gedood: slakken, mosselen, wormen, koralen, sponzen, vislarven, gekweekte vis, evenals zeewier.

De chemische structuur van het gif is (nog) niet bekend. De werking ervan lijkt op die van het gif van verwante flagellaten. Het bijzondere in dit geval is echter dat de giftige werking aan het begin van de bloei het sterkst is en in de loop van de bloei afneemt. Wellicht kunnen hierdoor relatief kleine hoeveelheden van deze alg hun concurrenten doden en aldus een eigen niche creëren om zich te ontwikkelen. Duidelijk is dat ze in de Gullmarfjord in water met een relatief gezien laag zoutgehalte groeiden. Anderzijds kunnen ze in brak water met nog minder zout niet leven. De fysische grenzen zijn schijnbaar zeer smal. De verstikking van de regenboogforellen wordt veroorzaakt doordat *Chrysochromulina polylepis* gaatjes maakt in de kieuwen van de forellen. Als een forel enige uren in het met deze alg besmette water leeft, begint zij verstikingsverschijnselen te vertonen. Worden de vissen vervolgens in brak, niet besmet water geplaatst, dan herstellen ze zich vrij snel. De Noorse viskwekers wisten soms hun kwekerijen te redden door ze naar brakker water te verslepen. Laboratoriumproeven hebben bevestigd dat water waarin *C. polylepis* in grotere concentraties voorkomt zeer giftig is. Concentraties van 1,7 miljoen cellen per liter verhinderen de bevruchting en larvale ontwikkeling van blauwe mosselen. Regenboogforellen stierven in water met een concentratie van 13 miljoen cellen per liter, terwijl kabeljauw in zulk water 'slechts' apatisch gedrag vertoonde. De grote vis stierf bij concentraties van 30 miljoen algen per liter.

De ecologische oorzaken van de *C. polylepis* bloei en de manier van vorming van het gif zijn nog onbekend. Het gif is echter zo krachtig dat het ook al werkt wanneer het minuscule alge niet opvalt tussen het grotere fytoplankton. Dit betekent dat de relatie tussen deze giftige alg en het massale afsterven van flora en





fauna gemakkelijk over het hoofd gezien zou kunnen worden. De oorzaak kan dan per vergissing aan andere meer opvallende componenten van de planktongemeenschap worden toegeschreven. Om dit te voorkomen zullen de taxonomische analyses van de monsters die worden genomen om algenbloei te registreren moeten worden verfijnd. Nieuwe routinematige tests moeten worden ontwikkeld om de verschillende typen van toxische algen op te sporen.

In de afgelopen vijftien jaar zijn vele lokale maar ook grootschaliger veranderingen in het mariene ecosysteem van het Skagerrak waargenomen, die aan eutrofiëring zijn toe te schrijven. Het is zeer waarschijnlijk dat deze uit-

zonderlijke planktonbloei ook verband houdt met de eutrofiëring. Daarnaast spelen andere factoren een rol, zoals het klimaat, bepaalde micronutriënten en giftige stoffen. Voordat de fatale bloei plaatsvond werden ook regelmatig watermonsters in het Skagerrak genomen. In één hiervan heeft men het landbouwherbicide MCHP, dat de groei stimuleert, ontdekt. Het effect op eencelligen zoals algen is onbekend.

De mens vervuult de zeeën voortdurend. Het is wel zeker dat wij gedurende de laatste decennia bepaalde mariene ecosystemen in de war hebben gebracht. Wij gaan ondanks vele waarschuwingen door met het lozen van afval, chemicaliën en nutriënten in het

Het Skagerrakgebied. De pijlen geven de verplaatsing van de schadelijke concentraties van *C. polydipsis* aan.

milieu. Zelfs als wij door internationale verdragen er in slagen deze lozingen drastisch te verminderen zullen belangrijke verstoringen in de zee de komende decennia nog regelmatig voorkomen. De giftige planktonbloei en de sterfte van tienduizenden zeehonden in het afgelopen jaar zijn hier slechts voorbeelden van.

**Dr Jan H. Stel**

*Stichting Onderzoek der Zee  
's-Gravenhage*

# Cahiers Bio-wetenschappen en Maatschappij

## Ouderschap

De ontwikkeling van de biowetenschappen en veranderingen in gedragspatronen hebben de mogelijkheden van het ouderschap verruimd, zoals *in vitro* bevruchting (reageerbuis-baby's), kunstmatige inseminatie en adoptie. Overheden hebben soms de neiging de bevolkingsaanwas te beïnvloeden.

### Een greep uit de inhoud:

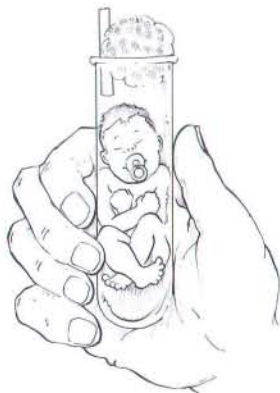
**Kinderwens en medische techniek**  
G.H. Zeilmaker

**Gezinsvorming**  
H.J. Heeren

**Adoptie van kinderen in nood**  
R.A.C. Hoksbergen

**Ouderschap in juridische zin**  
M.W. Rood-de Boer

**Bevolkingspolitiek**  
N. van Nimwegen



Het cahier OUDERSCHAP kan besteld worden bij Natuur en Techniek – Informatiecentrum – Postbus 415, 6200 AK Maastricht, tel. 043-254044, vanuit België: 00-3143254044. Het kost f 7,50 (145 F).

## AUTEURS

**Prof dr J. Amesz** ('Fotosynthese') is op 11 maart 1934 in Gouda geboren. Hij studeerde scheikunde aan de Rijksuniversiteit in Utrecht. Na zijn studie trad hij in 1958 in dienst van de vakgroep biofysica van de Rijksuniversiteit Leiden. Hij promoveerde in 1964. Sinds 1980 is hij hoogleraar.

**Prof dr M.G. Bogaert** ('Geneesmiddelen') is geboren in Drongen op 26 september 1937. Hij studeerde geneeskunde aan de Rijksuniversiteit te Gent en verdiepte zich daarna in de farmacologie. Momenteel is hij als hoogleraar farmacologie aan de Gentse universiteit verbonden.

**Dr N.H. Fraeyman** ('Geneesmiddelen') is op 2 augustus 1948 in Tielt geboren. Hij studeerde scheikunde aan de Rijksuniversiteit in Gent. Sinds 1971 is hij verbonden aan het Heijmans Instituut voor Farmacologie van het Gentse Academisch Ziekenhuis.

**Prof dr K.J.F. Gaemers** ('Neutrinobundels') is geboren in Den Haag op 23 juli 1944. Hij studeerde theoretische natuurkunde aan de Rijksuniversiteit in Leiden, waar hij in 1974 promoveerde. Daarna werkte hij in Stanford en bij CERN. Sinds 1978 werkt hij bij het NIKHEF in Amsterdam. In 1980 werd hij tot hoogleraar aan de Universiteit van Amsterdam benoemd.

**Dr P.D. Dirinck** ('Wijn') is op 26 mei 1946 in Gent geboren. Hij studeerde scheikunde in zijn geboorteplaats en promoveerde er in 1972. Hij is momenteel navorsers aan het Instituut ter Bevordering van Wetenschappelijk Onderzoek in Nijverheid en Landbouw werkzaam aan de Rijksuniversiteit te Gent.

**Dr W.C.G. Ooghe** ('Wijn') is geboren in Westouter op 29 februari 1944. Hij studeerde scheikunde aan de Rijksuniversiteit Gent en promoveerde daar in 1972. Momenteel is hij werkleider aan het Gentse Laboratorium voor Bromatologie, waar hij zich bezighoudt met levensmiddelenanalyse.

**Ing G. de Jong** ('Tijdmeting') is op 29 december 1943 in Franeker geboren. Hij studeerde elektrotechniek aan de HTS in Leeuwarden. Hij werkte aanvankelijk bij het Interuniversitair Reactor Instituut in Delft. In 1971 trad hij in Dienst van het IJkwezen, waar hij de tijd- en frequentiestandaarden beheert.

**Ir W.M.M.A. Janssen** ('Mestreductie') is geboren in Breda op 9 mei 1932. Hij studeerde veeteelt aan de Landbouw Hogeschool in Wageningen. Sinds 1963 is hij als onderzoeker voor pluimveevoeding verbonden aan 'Het Spelderholt' in Beekbergen. Hij werkte twee jaar op een pluimveepraktijkschool in Tunesië.

**Dr G.G. Birch** ('Zoet') is docent (reader) aan de afdeling Food Science and Technology van de University of Reading in Engeland. Hij leidt daar een groep onderzoekers die zich met de chemoreceptie van suikers en zoetstoffen bezighoudt. Daarnaast is hij redacteur van het internationale vaktijdschrift Food Chemistry.



# Tijd

---

Nog maar een paar dagen, en we worden er weer massaal aan herinnerd dat uren, dagen, maanden, jaren als een schaduw heenvliegen. Het is dan misschien een troost dat zelfs in die termen de 9 999 979 jaar die het dan nog duurt voordat we ruzie krijgen over de vraag of het nieuwe jaar nu of over één seconde begint, een heel lange tijd is. Het is absoluut onzeker of de aarde dan nog een (door mensen) bewoonde planeet zal zijn.

Wel redelijk zeker is dat die ruzie er niet zal komen. Niet omdat mensen om zulke futiliteiten geen ruzie maken. Mensen maken over alles ruzie. Zeker is dat er tegen die tijd of veel grotere nauwkeurigheden mogelijk zijn in de tijdmeting, of de tweede interesseert niemand meer, alleen nog de uren, dagen, maanden en jaren.

De wens, of zo men wil noodzaak, tot een precieze tijdmeting bestaat alleen in een bepaalde cultuur, in een bepaalde opvatting van de werkelijkheid. De opvatting, de onze, houdt bijvoorbeeld in dat men een steeds beter beeld van de wereld krijgt naarmate men verschijnselen fundamenteeler onderzoekt. Een groot deel van de natuurkundige waarnemingen is niet mogelijk zonder nauwkeurige tijdmeting. Dat blijkt ook wel uit het artikel van G. de Jong over hyperfijne tijdmeting op pag. 994.

De klassieke landbouwer had er genoeg aan te weten dat het zaaitijd was, en dat kon het ene jaar best een weekje vroeger zijn dan het andere. De Noordamerikaanse indianen kenden een 'maan van het hoge water' en een 'maan als het hert vecht', geen vaste data maar een tijdsklok die gebaseerd was op de voor overleving belangrijke verschijnselen.

De tijdservaring, dat weet iedereen, is op een vreemde manier verbonden met de kloktijd. Veel mensen worden wakker juist voordat de wekker afloopt, weten ook nauwkeurig wanneer het etenstijd is. Maar als er in een uur veel gebeurt schatten de meesten een langere tijd dan als er weinig gebeurt; als men zich verveelt evenwel wordt de tijd als eindeloos ervaren.

Het belang van de tijdsindeling kan ook met de omstandigheden sterk verschillen. Wie met de auto reist kijkt op de wegwijzer en constateert dat hij over een minuut of zeven op de plaats van bestemming zal zijn. Wie een bootreis maakt kijkt op de kaart en ziet dat hij over een dag of vier, vijf (of zelfs een week of vier, vijf) kan aankomen. Toch is juist die zeevaart de aanleiding geweest om aan nauwkeurige tijdmeting te gaan doen. Bij positiebepaling aan de hand van hemellichamen immers komt een seconde tijdsverschil overeen met zo ongeveer een kilometer positieverschil.

Voor de gewone burger in deze tijd van het jaar is van belang, dat hij en zij op oudejaarsavond het glas dient te heffen 0,8 seconden na de vijfde piep, dus 0,2 seconden voor de zesde piep van het radiosignaal dat 1989 inluidt.

Dat het een goed moment voor allen moge zijn, gevolgd door een gelukkig nieuw jaar.

---

---

# NOBEL

## PRIJZEN

### 1 9 8 8

---

De Nobelprijs geldt als de belangrijkste wetenschappelijke onderscheiding die een onderzoeker ten deel kan vallen. Veel essentiële doorbraken werden in de jaren dat de prijs bestaat op deze wijze bekroond. Ook dit jaar gaat de prijs naar onderzoekers die een fundamentele bijdrage leverden aan ons beeld van de natuur. In de natuurkunde wordt onderzoek naar elementaire deeltjes, met name de ontdekking van neutrino's, beloond. De scheikundeprijs gaat naar onderzoekers die de fotosynthese, 'het belangrijkste chemische proces op aarde', ophelderden. De laureaten in de geneeskunde hebben belangrijke geneesmiddelen op hun naam staan, waar veel patiënten dagelijks baat van hebben.



SCHEIKUNDE  
GENEESKUNDE  
NATUURKUNDE





J. Amesz

Vakgroep Biofysica

Rijksuniversiteit Leiden



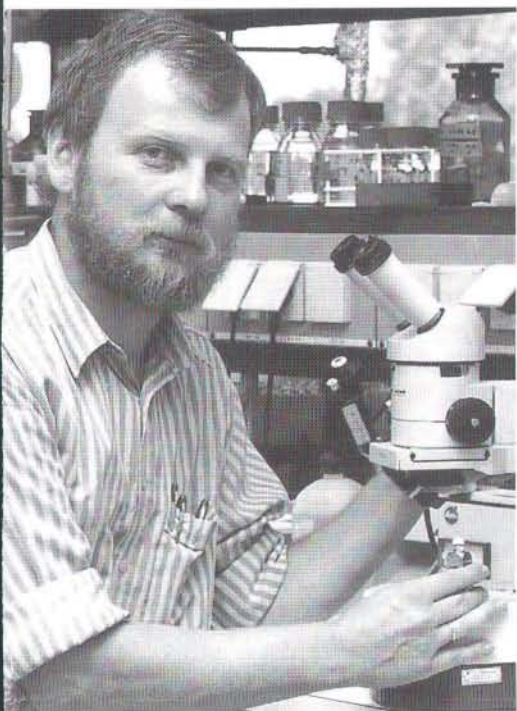
Links: J. Deisenhofer  
Midden: R. Huber  
Rechts: H. Michel

# FOTOSYNTHESE



De Nobelprijs voor de Scheikunde is dit jaar toegekend aan drie Westduitse onderzoekers: J. Deisenhofer, R. Huber en H. Michel. Hoewel het hier, zoals vaker, een gedeelde prijs betreft, heeft hij betrekking op één onderzoek: de opheldering van de structuur van het fotosynthetisch reactiecentrum van purperbacteriën. Het werk vormt een schoolvoorbeeld van succesvol multidisciplinair onderzoek aan een biologisch belang-

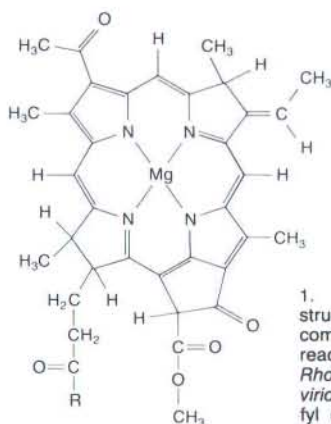




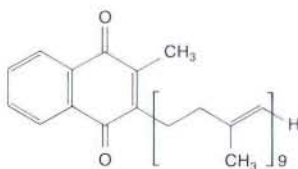
rijk probleem. De biochemicus Hartmut Michel kristalliseerde de geïsoleerde reactiecentra en analyseerde de eiwitten, terwijl de fysicus Johann Deisenhofer met röntgenanalyse de driedimensionale structuur van de kristallen bepaalde. Robert Huber tenslotte is de leider van de afdeling structuuronderzoek van het instituut waar het onderzoek plaatsvond: het Max-Planck-Instituut für Biochemie te Martinsried bij München.

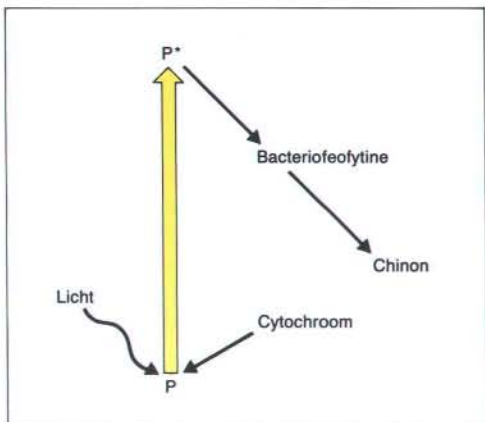
Het werk van de Nobelprijswinnaars verschaft ons inzicht in twee belangrijke aspecten van het moleculaire mechanisme van levensprocessen: de omzetting van energie in de fotosynthese en de structuur van membraaneiwitten.

“Fotosynthese is de belangrijkste chemische reactie op aarde”, aldus de Zweedse Academie van Wetenschappen in haar juryrapport over de prijswinnaars. Bij het woord fotosynthese denken velen aan de activiteit van groene planten die onder invloed van licht, water en koolzuur omzetten in zuurstof en suikers en andere celbestanddelen. Behalve planten zijn er echter ook bacteriën die fotosynthese vertonen. Deze produceren weliswaar geen zuurstof, maar gebruiken wel licht als energiebron voor de synthese van hun celbestanddelen. De bekendste groep van fotosynthetische bacteriën zijn de purperbacteriën die organisch en anorganisch materiaal omzetten. Deze purperbacteriën zijn uitvoerig onderzocht, en ook al vóór het werk van de groep uit München kon men stellen dat in een aantal opzichten meer bekend was van het mechanisme van de fotosynthese van purperbacteriën dan van dat van planten.



1. De chemische structuur van twee componenten van het reactiecentrum van *Rhodospseudomonas viridis*: bacteriochlorofyl (boven) en menachinon. R duidt een fytylketen met 20 koolstofatomen aan.





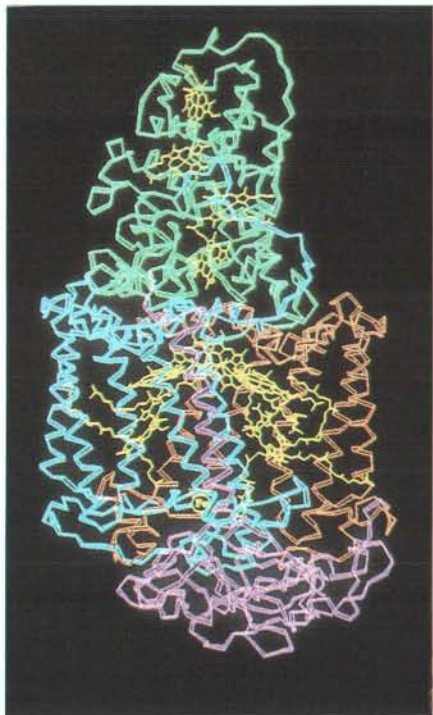
2. Elektrontransport in het reactiecentrum van purperbacteriën. P is de primaire elektrondonor, die door lichtenergie in een elektronisch aangeslagen toestand wordt gebracht ( $P^*$ ), aangegeven met gele pijl. De overige pijlen ge-

ven elektronoverdracht aan. De verticale afstanden in de figuur zijn een maat voor de energie die bij de processen is betrokken: zoals men ziet wordt slechts één derde van de energie van  $P^*$  uiteindelijk chemisch vastgelegd.

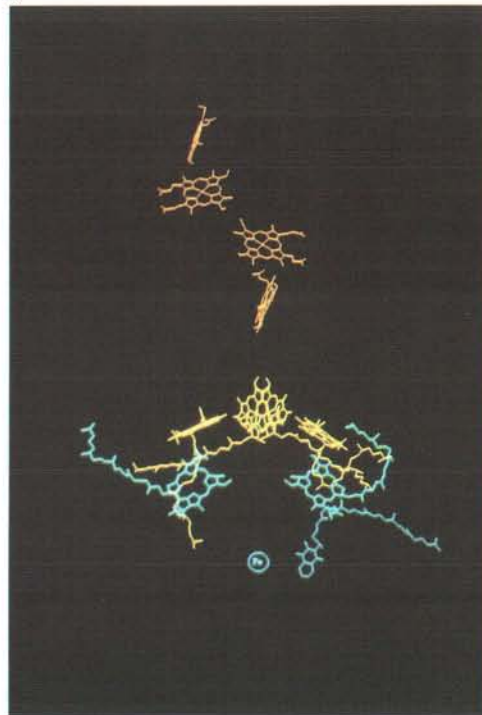
### Het reactiecentrum

Het reactiecentrum speelt in de fotosynthese ongeveer de rol van de verbrandingskamer in een motor, of de reactor in een kerncentrale: het is de plaats waar de primaire energieomzetting plaats vindt. Lichtenergie wordt door de fotosynthetische pigmenten, zoals *chlorofyl* of, in het geval van bacteriën, *bacteriochlorofyl* (afb. 1) geabsorbeerd. Deze energie wordt vervolgens naar het reactiecentrum overgedragen, waar de omzetting van fysische in chemische energie plaatsvindt. Hierbij wordt een elektron van de primaire elektrondonor, een chlorofyl- of bacteriochlorofylmolekuul (meer nauwkeurig: een dimeer hiervan) overgedragen naar een acceptormolekuul. In het reactiecentrum van purperbacteriën is *bacteriofeytine* dit acceptormolekuul. Dit is een bacteriochlorofyl zonder het centrale magnesiumaatom. De elektronoverdracht verloopt zeer snel: met ultrasnelle lasertechnieken heeft men onlangs kunnen vaststellen dat het elektron in

3



4



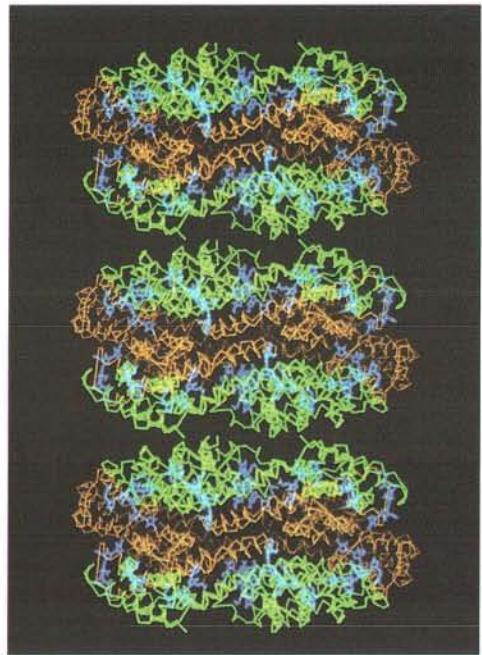
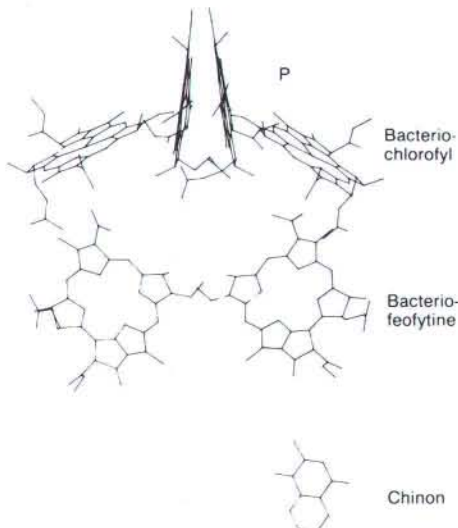


minder dan 3 picoseconden ( $3 \cdot 10^{-12}$  s) wordt overgedragen. Na de overdracht bestaat er een positieve lading op de primaire donor en een negatieve op de acceptor. Dit zogenaamde *ladingspaar* is echter zeer reactief, en van een vastlegging van de energie kan men pas spreken als het elektron is overgedragen naar het volgende acceptormolekuul, een *chinon* (ubichinon of menachinon) dat zich in het reactiecentrum bevindt. De primaire elektrondonor, P (afb. 2), krijgt weer een elektron terug door een reactie met een cytochroom dat aan het reactiecentrum is gebonden.

### Isolatie en kristallisatie

De componenten van het elektronentransportsysteem (bacteriochlorofyl, bacteriofeofytine en chinonen) zijn aan een complex van eiwitketens gebonden. Dit geheel vormt dan het reactiecentrum dat zich, met andere onderdelen van het fotosynthesesysteem, in een membraan bevindt. Bij planten zit dit membraan in

5



6

3. Ruimtelijke structuur van het reactiecentrum van *Rhodospseudomonas viridis*. Onder bevindt zich het eigenlijke reactiecentrum, boven het cytochroom. De ketens van de drie eiwitten waaruit het reactiecentrum is opgebouwd en van het cytochroom zijn in verschillende kleuren weergegeven. In rood de reactieve componenten: bacteriochlorofyl, bacteriofeofytine, menachinon en de vier haemgroepen van het cytochroom.

4. Het reactiecentrum zonder de eiwitcomponenten. Bacteriochlorofyl is geel; bacteriofeofytine blauw; menachinon donkerblauw afgebeeld, terwijl de vier haemgroepen van het cytochroom bruin zijn gekleurd. In het hart van de figuur, iets onder het midden, bevindt zich de primaire elektrondonor, een dimeer van bacteriochlorofyl, daarnaast links en rechts twee bacteriochlorofylmolekulen waarvan de functie nog onduidelijk is. Het reactiecentrum vertoont bij benadering een tweevoudige symmetrie, waarbij zich ook aan de linkerzijde een chinonmolekuul bevindt, dat echter in deze structuurbepaling niet zichtbaar is. Elektrontransport vindt alleen in de rechterketen plaats, van de primaire donor naar menachinon.

5. De reactiecomponenten uit een andere hoek gezien. De bacteriochlorofylringen van de primaire donor zijn hier van opzij gezien. Deze ringen zijn min of meer evenwijdig, met een onderlinge afstand van 0,31 nm (3,1 Å). De fytystaarten en de zijketen van menachinon (Q) zijn voor de duidelijkheid weggelaten.

6. Ook de structuur van de *antenne*, het pigmentsysteem dat licht absorbeert en naar het reactiecentrum doorgeeft is in sommige gevallen bekend. Op elkaar liggende schijven van eiwitten vormen de antenne van het blauwwier *Agmenellum quadruplicatum*. Iedere schijf bestaat uit zes eiwitmolekulen, waarin zich de pigmenten bevinden. Lichtenergie wordt door de schijven van boven naar beneden doorgegeven.

sterk opgevouwen toestand in de chloroplast; bij bacteriën vormt het één geheel met het celmembraan. Het aardige van het reactiecentrum van purperbacteriën is dat het zich vrij gemakkelijk uit het membraan laat isoleren. Methoden hiervoor, alle gebaseerd op de toepassing van detergentia om het membraan op te lossen, zijn al ruim twintig jaar bekend. Geïsoleerde reactiecentra van purperbacteriën zijn reeds lange tijd intensief gebruikt om de primaire reacties van de fotosynthese te bestuderen. Veel was dan ook al over het reactiecentrum bekend: de samenstelling, de eigenschappen van de elektrondonor en -acceptoren en gedeeltelijk ook hun onderlinge ligging. Gebleken is dat de conclusies van dat onderzoek ook op de fotosynthese van planten toepasbaar zijn.

Michel was echter de eerste die erin slaagde een methode te ontwerpen om de bacteriële reactiecentra te kristalliseren. Zes jaar geleden, op de European Bio-energetics Conference in Lyon, toonde hij de eerste kristallen van reactiecentra van *Rhodospseudomonas viridis*, te zamen met hun röntgendiffractiepatroon. Dit was een fascinerend resultaat, dat de belofte inhield van een bepaling van de ruimtelijke structuur. Het principe van de röntgenanalyse komt hier op neer, dat uit de verstrooiing van röntgenstraling aan de regelmatige structuur van een kristal en de hierbij optredende interferentiepatronen de ruimtelijke ligging van de atomen wordt afgeleid. Zonder kristallen van goede kwaliteit is dus geen röntgenanalyse mogelijk. De röntgenanalyse is al een vrij oude methode, maar voor grote molekulen, zoals eiwitten, is zij pas door de toepassing van computers praktisch uitvoerbaar geworden.

In de laatste dertig jaar zijn de structuren van een groot aantal eiwitten bepaald, doch in al deze gevallen betrof het in water oplosbare eiwitten, die zich in het celsap bevinden. Tot voor kort gold als een axioma in de biochemie dat alleen dat type eiwitten in kristalvorm kon worden verkregen. Veel belangrijke eiwitten bevinden zich echter in de celmembranen en zijn grotendeels hydrofoob, waterafstotend. Ze kunnen alleen met detergentia in waterige oplossing gebracht worden. De gebruikelijke methoden voor kristallisatie falen doordat het detergens als een schild aan het oppervlak van het eiwit is gebonden. Pas door het werk van Michel en, onafhankelijk hiervan, van onder-

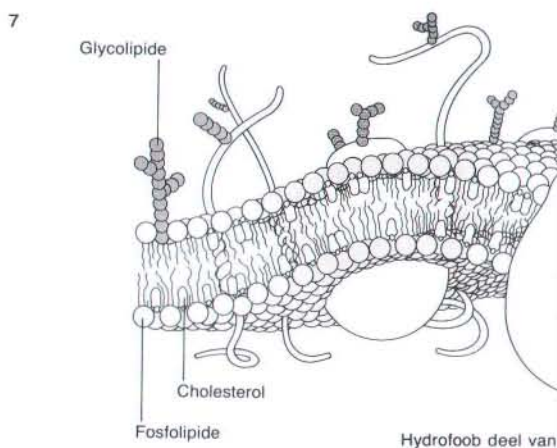
zoekers in het Biozentrum in Basel, zijn er nu methoden om ook deze eiwitten in kristallijne vorm te verkrijgen.

### Structuurbepaling

Het reactiecentrum, met inbegrip van het cytochrome, bevat ongeveer 10000 koolstof-, stikstof- en zuurstofatomen. De waterstofatomen tellen we dan niet eens mee, omdat die toch te weinig röntgenstraling verstrooien om zichtbaar te zijn. Niettemin slaagden Deisenhofer en medewerkers er in verbluffend korte tijd in om uit het diffractiepatroon de ruimtelijke structuur af te leiden. Reeds in 1984 maakten zij de eerste resultaten bekend. Te zamen met de bepaling van de aminozuurvolgorde in de eiwitten van het reactiecentrum door Michel en zijn medewerkers, werd op deze manier een nauwkeurig beeld van de ruimtelijke ligging van de duizenden atomen in het reactiecentrum verkregen (afb. 3-5). Op dit moment is een oplossend vermogen van 0,23 nm (2,3 Å) bereikt, waarmee de praktische grens van de methode ongeveer bereikt is. Hiertoe was het nodig de intensiteit van tienduizenden reflecties nauwkeurig te meten en in de analyse te betrekken.

Planten beschikken over twee typen fotosynthetische reactiecentra. Eén hiervan (sys-

7. Het membraanmodel van Singer en Nicholson.





teem 2) vertoont duidelijke overeenkomst met dat van de purperbacteriën waarvan de structuur nu is opgehelderd. Het andere (systeem 1) heeft echter een afwijkende structuur, waarvan nog vrij weinig bekend is. Merkwaardig genoeg lijkt dit weer overeenkomst te vertonen met dat van andere groepen bacteriën, zoals de groene zwavelbacteriën. Wellicht hebben beide typen reactiecentra zich onafhankelijk van elkaar ontwikkeld. Hoe dit ook zij, beide typen zijn zeer vroeg in de evolutie ontstaan, en men moet aannemen dat in hun structuur sinds miljarden jaren geen essentiële veranderingen meer zijn opgetreden.

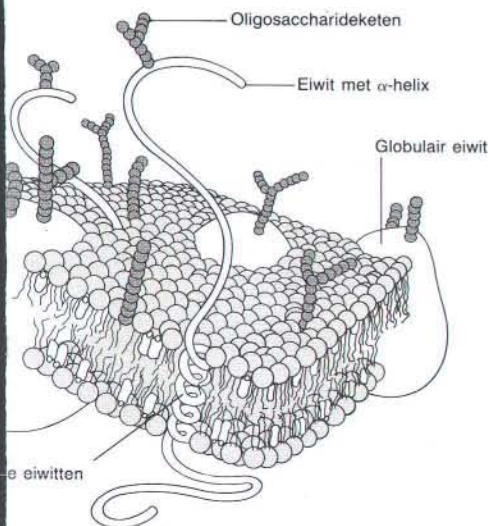
### Membraaneiwwitten

Omstreeks 1970 kwamen Singer en Nicholson met hun zogenaamde mozaïekmodel voor het membraan, waarbij de lipiden-dubbel laag wordt afgewisseld door eiwitten (afb. 7). Het bacteriële reactiecentrum is nog steeds het enige membraaneiwwit waarvan de kristallen van voldoende kwaliteit zijn voor een structuurbevestiging, en daarmee is het ook het enige dat ons rechtstreeks inzicht geeft in de manier waarop de eiwitketens in het membraan zijn ondergebracht. Op grond van de aminozuurvolgorde van membraaneiwwitten nam men reeds aan dat hun ketens zich in een zig-zag patroon in het

membraan zouden bevinden, waarbij hydrofobe stukken de in water oplosbare gedeelten afwisselen.

Dit beeld wordt nu op zeer fraaie wijze door het werk van de Duitse onderzoekers bevestigd: twee van de ketens van het reactiecentrum gaan vijfmaal in de vorm van een  $\alpha$ -helix door het membraan, een derde éénmaal. Het vierde eiwit is het cytochroom, dat bij *R. viridis* (maar niet bij alle purperbacteriën) aan het reactiecentrum is gebonden en dat zich buiten het membraan bevindt.

Ook in andere opzichten is de opheldering van de structuur van het bacteriële reactiecentrum niet alleen voor het onderzoek van de fotosynthese van belang. Voor theoretisch fysici biedt zij de mogelijkheid om theorieën over elektronoverdracht in de vaste stof rechtstreeks te toetsen. De natuur heeft in het reactiecentrum een uniek en efficiënt fotochemisch systeem ontwikkeld voor snelle elektronoverdracht en vastlegging van lichtenergie in chemische energie, iets wat met kunstmatige modelsystemen nog maar ten dele is gelukt. Wellicht zal kennis van de structuur van het reactiecentrum uiteindelijk bijdragen tot de ontwikkeling van een methode voor de economische benutting van zonlicht voor onze energiebehoeften, maar deze ontwikkeling zal zeker nog veel onderzoek vereisen.



### Literatuur

- Frese W. Fotosynthese – Zonne-energie in de fuik. *Natuur & Techniek* 1987; 56, 5; pag. 368-377. (Dit artikel behandelt het werk van de drie Nobelprijswinnaars)  
Turkenburg WC, Bruls WA. De fotosynthese als energiebron. *Natuur & Techniek* 1978; 46, 10; pag. 646-669

### Bronvermelding illustraties

- Associated Press, Amsterdam: pag. 964  
Max-Planck-Gesellschaft, München, BRD: pag. 965, 3, 4, 6  
Dr Wasielewski, Argonne National Laboratory, VS: 5







# GENEESMIDDELEN

**M.G. Bogaert**  
**N.H. Fraeyman**

*Heymans Instituut voor  
Farmacologie  
Rijksuniversiteit Gent*

Drie ontwerpers van veelgebruikte geneesmiddelen zijn dit jaar met de Nobelprijs voor de Geneeskunde beloond. De Brit sir James Black en de Amerikanen Gertrude Elion en George Hitchings hebben doorslaggevende bijdragen geleverd aan de ontwikkeling van verschillende medicijnen die de behandeling van bijvoorbeeld hartritme stoornissen, maagzweren en virusziekten drastisch verbeterden. Zij verdienen deze onderscheiding echter ook omdat zij met hun werk fundamenteel hebben bijgedragen aan het wetenschappelijk onderzoek, doordat zij de constructie van nieuwe geneesmiddelen op een geheel nieuwe wijze aanpakten.

Op de maagwand liggen receptoren die gevoelig zijn voor de stof histamine, maar ook voor histamine-antagonisten. Histamine veroorzaakt onder andere een verhoogde afgifte van (zure) maagzappen. Stoffen die de histamine-receptoren blokkeren, verminderen deze afgifte sterk. Zijn er maagzweren aanwezig, dan kunnen die na de verlaging van de zuursecretie gemakkelijker genezen.

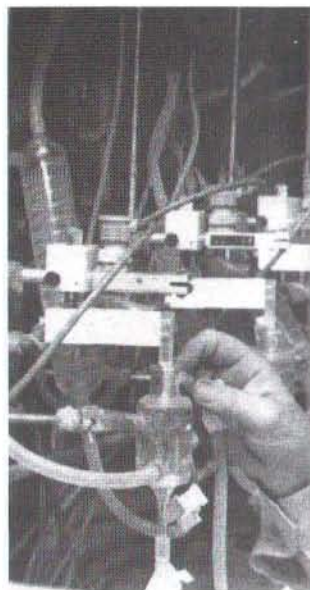
In het verleden was de ontwikkeling van nieuwe geneesmiddelen vaak een kwestie van het uitproberen van de effecten van stoffen, die chemisch sterk leken op natuurlijke stoffen waarvan al bekend was dat die enig effect hadden bij een bepaalde ziekte. Deze stoffen werden in proefdieren getest. Was het resultaat beter dan dat van de bekende stoffen, dan was een nieuw middel geboren.

Black, Elion en Hitchings hebben gemeen dat zij een andere invalshoek kozen. Zij gingen uit van hun kennis van biochemische en fysiologische processen en de verstoringen daarvan bij bepaalde ziekten en zochten naar methoden om daarin in te grijpen. Het resultaat was een aantal middelen die voor de medische praktijk van alledag van groot belang blijken te zijn. Het door Black gevonden middel *cimetidine*, tegen maagzweren, is zelfs het meest verkochte geneesmiddel ter wereld. Laten wij hun werk eens nader onder de loupe nemen.

### Agonisten en antagonisten

Het werk van sir James Black heeft vooral betrekking op de interactie tussen biologisch actieve molekulen en de cellen waarop zij hun werking uitoefenen. Bij veel levensprocessen spelen dergelijke interacties een bepalende rol. Voorbeelden zijn die waarbij hormonen of neurotransmitters zijn betrokken. Laten we als voorbeeld de transmitter *noradrenaline* ne-

3. Sir James Black toonde zich stomverbaasd over het feit dat hij de Nobelprijs kreeg. Zijn commentaar: "Toen ik het hoorde, had ik graag een paar van mijn  $\beta$ -blokkers bij de hand gehad."



3

men. Deze stof wordt afgescheiden door bepaalde cellen van het autonome zenuwstelsel en kan onder andere de hartspier prikkelen. Bij inspanning of emotie komt zij vrij en zorgt ervoor dat het hart sneller en krachtiger gaat kloppen. Dat komt omdat op de hartspier *receptoren* zitten waar het noradrenaline aan kan binden. Zo'n receptor is een eiwitmole-

1



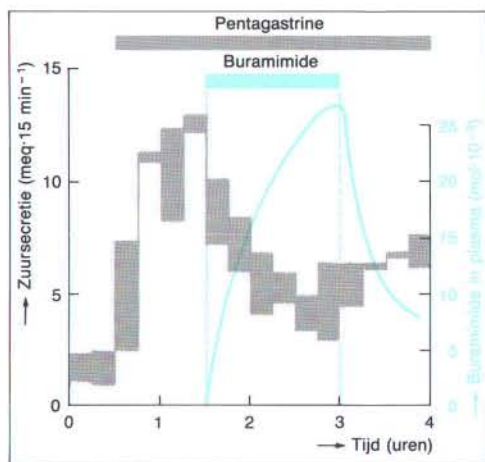
2



1. Gertrude Elion (1918) studeerde in de jaren dertig scheikunde in een avondopleiding, terwijl zij overdag werkte. Zij is een van de weinige vrouwen die gedurende lange tijd een toppositie aan de researchafdeling van een farmaceutisch bedrijf bekleedde.

2. Ondanks zijn 83 jaar gaat George Hitchings nog dagelijks naar het laboratorium van *Borroughs-Wellcome*, waar hij het nu bekronnende onderzoek leidde.





4. De gemiddelde zuursecretie bij gezonde vrijwilligers tijdens intraveneuze toediening van een middel (pentagastrine) dat de zuursecretie stimuleert, vóór en na toediening van burimamide.

kuul dat meestal in de celmembraan zit en waar het noradrenalinemolekuul op past, zodat een binding tussen beide mogelijk is. Het tot stand komen van die binding is het begin van een reeks reacties die uiteindelijk leidt tot de verhoogde activiteit van de hartspeer. Men zegt dan dat noradrenaline een *agonist* voor die receptor is. Een agonist is een stof die aan een receptor kan binden en daardoor een bepaald effect oproept.

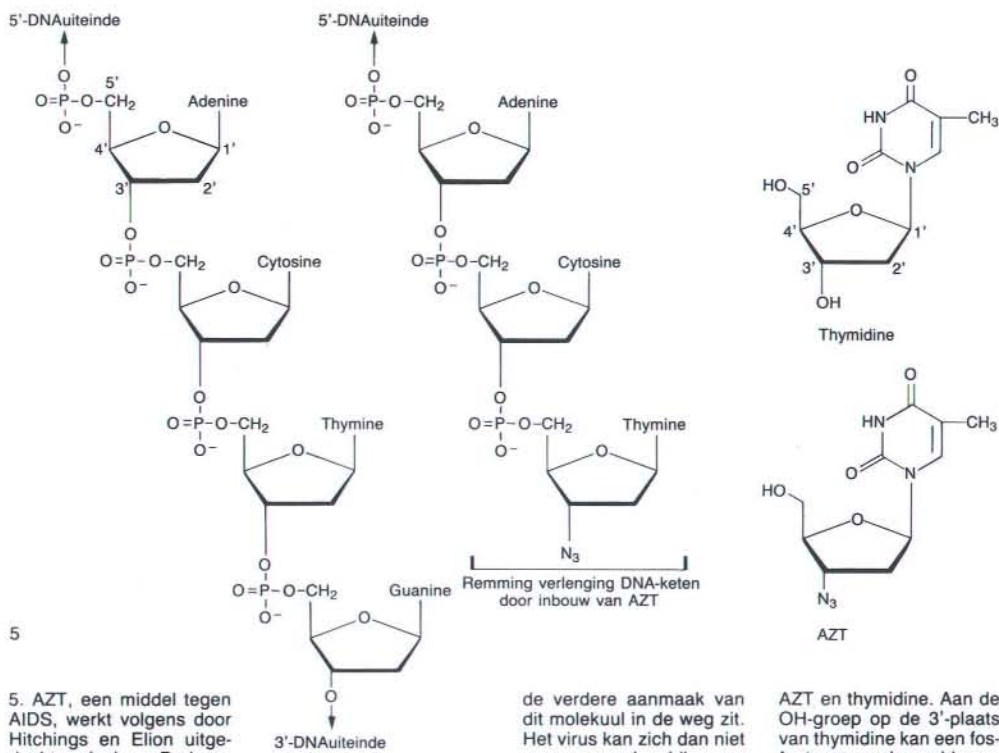
Het tegengestelde van een agonist is een *antagonist*. Antagonisten zijn stoffen die eveneens op de receptor passen en eraan kunnen binden, maar die verder geen effect hebben. Vergelijk ze met sleutels die wel in een sleutelgat passen, maar waarmee het slot niet opengaat. Doordat de antagonist wel aan de receptor bindt, kan een later arriverende agonist zijn werking niet uitoefenen; hij kan immers niet bij de receptor komen.

De interactie tussen molekulen en receptoren kan worden bestudeerd door systematisch de effecten van agonisten, antagonist en mengsels van beide te bekijken. Langs deze weg heeft de uit Schotland afkomstige Black antagonist ontworpen voor de  $\beta$ -receptoren in het hart die gevoelig zijn voor noradrenaline, en voor de  $H_2$ -receptoren in de maagwand die gevoelig zijn voor histamine.

Black is in 1924 geboren en studeerde geneeskunde aan de universiteit van St. Andrews. Hij heeft bij verschillende universiteiten en farmaceutische bedrijven gewerkt en is momenteel verbonden aan het King's College of Medicine in Londen. Zijn werk is al eerder onderscheiden, zo werd hem vorig jaar nog het doctoraat *honoris causa* van de Rijksuniversiteit Gent toegekend.

In de jaren vijftig werkte hij voor de Britse firma ICI. Daar begon hij zijn studie van antagonist van de  $\beta$ -receptoren. Black was ervan overtuigd dat bij patiënten met angina pectoris en hartritme stoornissen de inwerking van noradrenaline op het hart, via de  $\beta$ -receptoren, kon worden tegengegaan door toediening van  $\beta$ -antagonisten, ook wel  $\beta$ -blokkers genoemd. Studies met de door hem ontworpen  $\beta$ -blokker pronethanol bevestigden dit. Het nut van dit middel werd onderstreept door de toevallige vondst dat  $\beta$ -blokkers ook bruikbaar zijn om abnormaal verhoogde bloeddruk te verlagen. Sindsdien zijn talrijke andere  $\beta$ -antagonisten op de markt gekomen. De laatste tien jaar is gebleken dat deze middelen ook een gunstig effect hebben op de sterfte in het eerste jaar na een acuut hartinfarct.

Een tiental jaren na deze ontdekking, in 1972, publiceerde Black in het blad *Nature* een



artikel over de histamine  $H_2$ -antagonisten. Met dat onderzoek was hij in 1964, inmiddels verhuisd naar de laboratoria van de firma Smith, Kline en French, begonnen. Bekend was toen dat de stof histamine onder andere gladde spierweefsels doet samentrekken. Ook was een antagonist bekend: meparine. Histamine stimuleert echter ook de afscheiding van (zure) maagsappen: zweren aan de maag en de twaalfvingerige darm genezen dan moeilijk. Meparine heeft daar echter geen invloed op omdat deze stof geen effect heeft op de zogenaamde histamine  $H_2$ -receptor, de histamine-receptor in de maagwand, die afwijkt van die in glad spierweefsel. Black slaagde erin hiervoor antagonist te ontwikkelen, te weten burimamide en cimetidine. Deze blokkeren de  $H_2$ -receptor en daarmee de zuursecretie. Maag- en darmzweren genezen snel na toediening van deze middelen; voordien bestond geen goede medicijn tegen deze kwalen.

## Nucleïnezuren

Het werk van Elion en Hitchings bewoog zich op een heel ander gebied, maar is niet minder fundamenteel. Beiden hebben vanaf 1944 samengewerkt bij de firma Burroughs Wellcome. De in 1905 geboren biochemicus Hitchings begon daar na zijn promotie in 1942 en klom op tot president van het Burroughs Wellcome Fonds. Gertrude Elion, geboren in 1918, kwam na haar chemiestudie bij de firma, die zij in 1983 verliet als hoofd van de afdeling experimentele therapie. Daarnaast doceerden beiden aan de universiteit van North-Carolina en aan Duke University.

Hun voornaamste studie-object was het metabolisme van nucleïnezuren en hun werk was erop gericht om verschillen op te sporen tussen gezonde cellen, kankercellen en door virussen geïnfecteerde cellen. De behandeling van virale aandoeningen en kwaadaardige tumoren stelt





6

6. Farmaceutische bedrijven hebben altijd research-afdelingen. Het onderzoek daar is sterk op toepassing gericht. Het bekroonde onderzoek is echter fundamenteel van karakter.

vanuit farmacologisch oogpunt grote problemen. Virussen maken voor hun overleving gebruik van metabolische processen in de gastheer cel, terwijl kwaadaardige kankercellen vaak slechts op subtiele manier verschillen van niet-kwaadaardige cellen. Geneesmiddelen die de virussen of de kankercellen doden kunnen daardoor gemakkelijk ook gezonde cellen aantasten. Hitchings en Elion toonden aan dat er tussen deze typen cellen verschillen bestaan in het metabolisme van de in DNA en RNA voorkomende basen en zij zijn erin geslaagd deze voor therapeutische doeleinden te benutten. Hun werk leidde tot bekende anti-tumormiddelen als *thioguanine* en *6-mercaptopurine*, het antivirale middel *acyclovir* en het anti-AIDS-middel *AZT*. Om iets van de werking van deze middelen te begrijpen, zullen we acyclovir nader bekijken.

Wanneer een virus een cel binnendringt, zal het zijn omhulsel afwerpen en komt de inhoud

met virus-DNA en virusenzymen vrij. Dat DNA gaat zich vermenigvuldigen met behulp van viruseigen enzymen. Het virus-DNA misbruikt de gastheer cel om nieuw viruseiwit aan te maken. Uit dat eiwit en het nieuwe DNA worden grote hoeveelheden virusdeeltjes aangemaakt die, als ze vrijkomen, een andere cel infecteren, waarna het hele verhaal opnieuw begint. Voor het aanmaken van vers virus-DNA wordt gebruik gemaakt van nucleosiden (de combinatie van desoxyribose met één van de DNA-basen A, C, G of T) uit de geïnfecteerde cel.

Acyclovir is een stof die sterk lijkt op één van de nucleosiden, te weten thymidine, alleen is de suikergroep vervangen door een andere functionele groep; het is als het ware een nucleoside met een foutje. Hitchings en Elion ontdekten dat het enzym thymidinekinase van het virus een veel grotere affiniteit voor acyclovir heeft dan hetzelfde enzym van de cel. Gevolg is dat bij het nieuw aanmaken van viraal DNA een omzettingsproduct van acyclovir wordt ingebouwd, in plaats van thymidine. Aan dit omzettingsproduct (*acyclovirtrifosfaat*) kan echter geen nieuw nucleoside gekoppeld worden, zodat de aanmaak van virus-DNA, en dus de aanmaak van nieuw virus, abrupt afgebroken wordt. De niet-geïnfecteerde cel heeft daar weinig last van omdat haar thymidinekinase een lage affiniteit voor acyclovir heeft, zodat in DNA van deze cel netjes thymidine wordt ingebouwd. Acyclovir blijkt bijvoorbeeld het *Herpesvirus* zeer efficiënt te kunnen bestrijden.

Met hun geraffineerde benadering van de vraag hoe het best een nieuw geneesmiddel te ontwikkelen is, stonden de drie laureaten aan de wieg van een aantal uiterst belangrijke geneesmiddelen. De lof die hen wordt toegezwaaaid is dan ook volkomen verdiend.

#### Literatuur

Balzarini J. Het afstoppen van een virus – De eerste geneesmiddelen tegen AIDS. *Natuur en Techniek* 1988; 56; 1, 2-11.

#### Bronvermelding illustraties

Lennart Nilsson, uit: *Ontdek de mens*, Uitgeverij Ploegsma; pag. 970-971.

AP-foto: Amsterdam; 1, 2, 3.

Boehringer Ingelheim, Alkmaar; 6.

# NEUTRINOBUUNDELS







Lederman, Schwartz en Steinberger voerden hun prijswinnend experiment uit bij het Alternating Gradient Synchrotron van Brookhaven National Laboratory, dat in 1960 in bedrijf kwam en toen de krachtigste protonenbron was. Op de bovenste inzet het team dat de experimenten uitvoerde: Steinberger staat links, Lederman en Schwartz tweede van, respectievelijk uiterst rechts. De onderste inzet is een 'event', één van de zeldzame neutrino-interacties die het team waarnam.

De Nobelprijs voor de Natuurkunde 1988 krijgen Leon Lederman, Melvin Schwartz en Jack Steinberger voor hun bijdragen op het gebied van de neutrino-fysica. Hun belangrijkste resultaten werden gepubliceerd in 1962 en zijn dus meer dan een kwart eeuw oud. Hun werk van toen staat nu in ieder goed leerboek over elementaire deeltjesfysica. Zij toonden aan dat er meer soorten neutrino's bestaan. Het naast elkaar voorkomen van het elektron-neutrino en het muon-neutrino, en ook van het later gepostuleerde tau-neutrino, is nu één van de basisingrediënten van het standaardmodel van de deeltjesfysica.

**K.J.F. Gaemers**

*NIKHEF/H en  
Instituut voor Theoretische Fysica  
Universiteit van Amsterdam*

Als men een tabel opslaat van de nu bekende elementaire deeltjes, vindt men daarin de eigenschappen van enige honderden van die deeltjes. Achter de ontdekking van de meeste zitten verhalen over ingewikkelde experimentele technieken waarmee het bestaan van deze deeltjes is aangetoond, en over vaak ver vooruitziende theoretische speculaties. De geschiedenis van de ontdekking van de neutrino's vormt hierop geen uitzondering.

De neutrinofysica begint met een theoretische speculatie door Wolfgang Pauli. Pauli hield zich bezig met de beschrijving van het zogenaamde bètaverval van atoomkernen. In het bètaverval wordt een kern van een radioactieve isotoop spontaan omgezet in de kern van een andere isotoop, wat gepaard gaat met het uitzenden van een elektron dat gedetecteerd kan worden. De snelle elektronen die hierbij vrijkomen worden bètastralen genoemd, vandaar de naam bètaverval. Bij dit verval leek het alsof aan het behoud van energie en van impuls-moment, twee behoudswetten waarvan men



vindt dat ze fundamenteel zijn, niet was volstaan. Pauli stelde in 1930 voor dit probleem op te lossen door aan te nemen dat er een deeltje zou bestaan met een aantal, zeker voor die tijd, zeer ongewone eigenschappen.

In de eerste plaats heeft het deeltje geen elektrische lading (het is dus neutraal). In de tweede plaats nam Pauli aan dat het deeltje geen massa heeft (althans een hele kleine massa). In de derde plaats moest hij aannemen dat dit deeltje een spin heeft van  $1/2$ , dit om het behoud van impulsmoment te kunnen verklaren. Ten slotte postuleerde hij dat het deeltje vrijwel geen wisselwerking vertoont met de gewone materie, dat wil zeggen met kernen en elektronen. Anders gezegd: *neutrino's* kunnen ongehinderd door dikke lagen materie gaan. Zelfs de aarde en de zon vormen nauwelijks een obstakel voor *neutrino's*.

Vooraf de laatste eigenschap vormt begrijpelijkerwijs het grote struikelblok voor de experimentele studie van *neutrino's*. Als *neutrino's* zelfs ongehinderd door de zon kunnen vliegen, dan is zeker een deeltjesdetector vrijwel doorzichtig voor *neutrino's*.

Een jaar na Pauli's voorstel werd het neutron ontdekt, waarmee de beschrijving van atoomkernen zijn tegenwoordige vorm kreeg. We beschouwen een kern nu als een verzameling sterk gebonden protonen en neutronen. Door deze nieuwe ontwikkeling bleek dat Pauli's postulaat nog beter aansloot bij de resultaten over het bètaverval. Op het Solvay-congres in Brussel (1933) besprak hij het idee met Enrico Fermi, die kort daarna een theoretisch model opstelde waarmee de eigenschappen van Pauli's hypothetische deeltjes kwantitatief kunnen worden berekend. Fermi stelde toen ook voor om deze deeltjes *neutrino's* te noemen, om ze te onderscheiden van de kort daarvoor ontdekte neutronen.

Het duurt vervolgens meer dan vijftientig jaar tot in 1959 Reines en Cowan aantonen dat de *neutrino's* 'echt' bestaan. De *neutrino's* die zij waarnemen waren afkomstig van bètaverval, tot dan toe de enige bekende bron voor *neutrino's*.

In maart 1960 verschijnt er in het tijdschrift *Physical Review Letters* een artikel geschreven door Melvin Schwartz, die dan als Alfred P. Sloan Fellow is verbonden aan de Columbia Universiteit in New York. In dit artikel, dat nog geen bladzijde lang is, doet hij een opmer-

1, 2 en 3. De drie Nobel-prijswinnaars Schwartz (1, met vrouw en dochter), Lederman (2) en Steinberger (3) begonnen weliswaar 30 jaar geleden een samenwerking op Brookhaven National Laboratory, tegenwoordig hebben ze weinig meer met elkaar te maken. Lederman is directeur van het Fermi National Accelerator Laboratory. Steinberger is gepensioneerd, maar leidt toch nog één van de experimentele groepen bij de nieuwe LEP-ring van CERN. Schwartz is niet meer actief in de hoge-energiefysica; hij is directeur van zijn eigen computerfirma Digital Pathways in Californië.



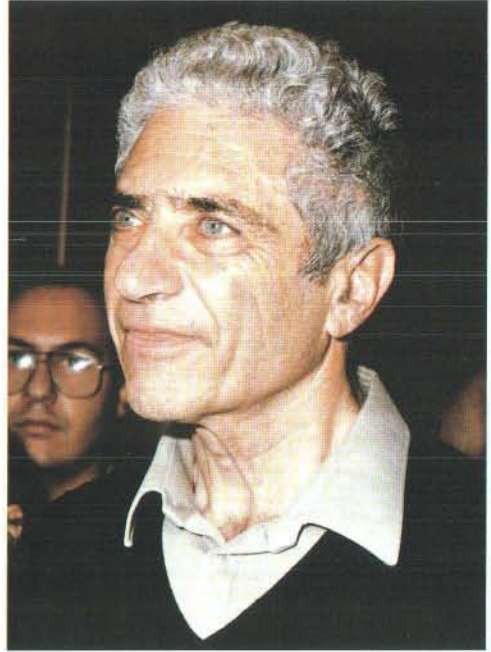
1

2

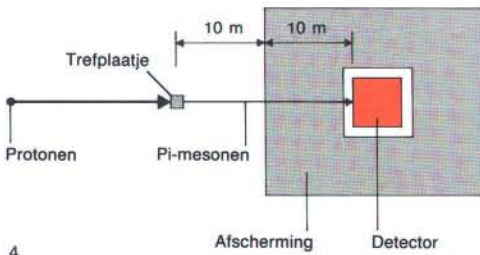


kelijk voorstel. Hij stelt voor om de nieuwe protonversneller, die bij Brookhaven op Long Island zal worden gebouwd, te gebruiken als bron voor *neutrino's*. Op basis van een klein schetsje in zijn artikel laat hij zien hoe dat moet. Laat protonen met een energie van 10 Giga-elektronvolt (GeV) botsen op een trefplaatje. In dit trefplaatje zullen dan *pi-mesonen* worden geproduceerd die hun weg vervolgen, min of meer in de richting die het oorspronkelijke proton had. *Pi-mesonen* zijn de deeltjes die protonen en neutronen in de kern bij elkaar houden. Ze zijn dus de dragers van de sterke kernkracht. *Pi-mesonen* zijn niet stabiel en vertonen bètaverval, analoog aan dat wat al lang bekend was bij sommige atoomker-





3



4

4. Het schetsje in zijn artikel in *Physical Review Letters* waarin Schwartz aangaf hoe een neutrino-bundel te maken zou zijn. Op grond van het korte artikel met dit schetsje kon een groot experiment worden gestart waarmee nu de Nobelprijs is verdiend. Het feit dat tegenwoordig zware besluitvormingsprocedures worden gevolgd

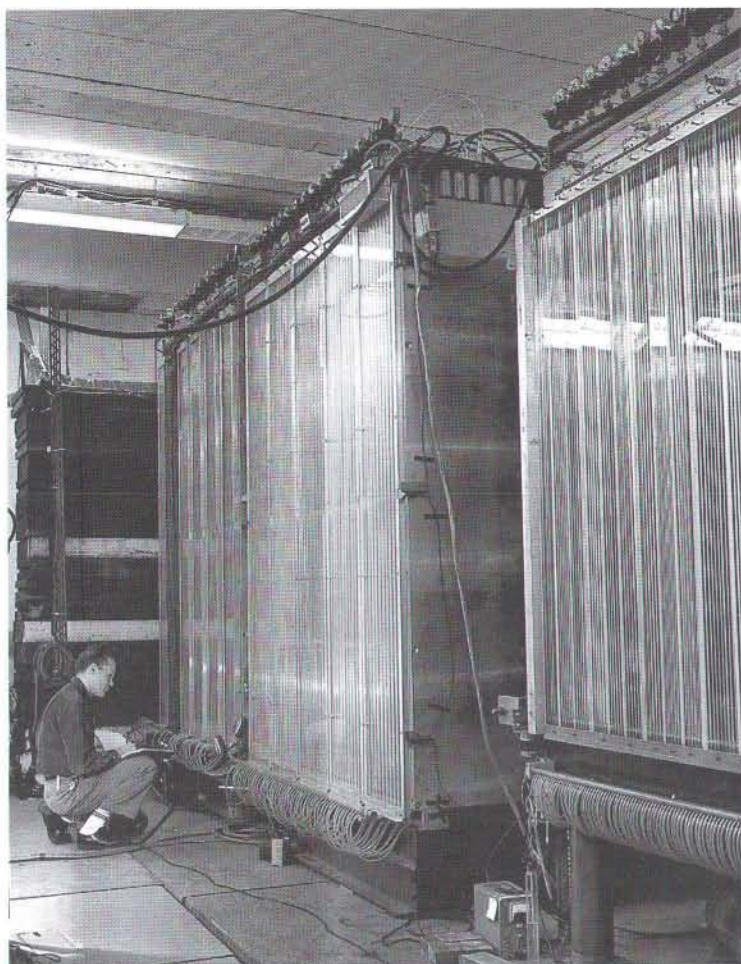
voor een experiment kan plaatsvinden, was naar Schwartz' zeggen aanleiding om uit de wetenschap te stappen.

nen. Het verschil met atoomkernen is echter dat in het verval van pi-mesonen geen elektronen vrijkomen maar *muonen*. Het muon is een deeltje dat in alle opzichten lijkt op een elektron, maar tweehonderd keer zo zwaar is. Als de pi-mesonen eenmaal zijn vervallen houdt men een bundel deeltjes over die bestaat uit muonen en neutrino's. Schwartz stelt voor deze gemengde bundel door een tien meter dikke afscherming te laten gaan om zodoende alle muonen uit de bundel te verwijderen en een zuivere neutrino-bundel over te houden die men met behulp van een detector kan bestuderen.

In hetzelfde nummer van de *Physical Review Letters* staat, volgend op dat van Schwartz,

een artikel van Lee en Yang, die samen met mevrouw C.S. Wu de Nobelprijs kregen voor de ontdekking dat de natuur niet spiegelsymmetrisch is, waarin zij een overzicht geven van theoretische problemen die met de methode van Schwartz zouden kunnen worden opgelost. Als eerste probleem behandelen zij de vraag of het neutrino dat vrijkomt bij het verval van het pi-meson en het neutrino dat een rol speelt bij de bètaradioactiviteit verschillend zijn of niet.

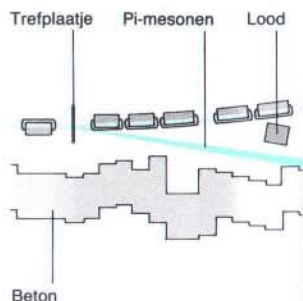
Twee jaar later verschijnt, weer in de *Physical Review Letters*, een artikel waarvan Lederman, Schwartz en Steinberger, met nog vier anderen, de auteurs zijn. In dit artikel wordt verslag gedaan van een experiment dat is opge-



5

5. De detector die de Nobelprijswinnaars gebruikten bestond uit 90 aluminium platen, in totaal tien ton zwaar. De tussenruimte was gevuld met neon-gas. Bij de zeldzame keren dat een neutrino een interactie aanging met het aluminium, ontstonden geladen deeltjes. Die ioniseerden gasmolekules, die weer vonkensporen veroorzaakten die op de gevoelige plaat werden vastgelegd.

6. Een plattegrond van de opstelling waarmee het experiment uiteindelijk plaatsvond. Tijdens 25 meetdagen, waarbij naar schatting  $10^{14}$  neutrino's de detector passeerden, werden 51 interacties waargenomen.



6

zet volgens het plan van Schwartz. De afscherming die nodig was bestond uit een laag ijzer van 13,5 m dikte die men had verkregen door een oud schip van de Amerikaanse marine het U.S.S. Missouri te slopen. De gebruikte detector bestond uit een groot vonkenvat waarin tien ton aluminium was verwerkt.

In dit experiment werd overtuigend aangetoond dat het neutrino dat bij pi-mesonverval vrijkomt niet identiek kan zijn aan het 'bèta'-neutrino. Dit stelden zij vast doordat bij botsingen met van pi-mesonen afkomstige neutrino's muonen ontstonden, maar dat elektronen nooit werden waargenomen. Andersom vonden men bij botsingen van 'bèta'-neutrino's wel elektronen maar nooit muonen.

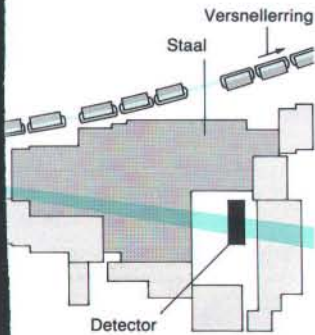
Deze stand van zaken is nu algemeen geaccepteerd maar was in de jaren zestig nog grotendeels onbegrepen. Dit blijkt onder andere uit een bijdrage in een gedenkboek uit 1960 over Wolfgang Pauli, de geestelijke vader van het neutrino. In dit artikel geeft mevrouw C.S. Wu een overzicht van de neutrinofysica van dat moment. Het is opvallend dat zij in het hele stuk spreekt over neutrino, zonder zelfs maar aan te geven dat er ook toen al problemen waren die alleen konden worden opgelost door aan te nemen dat het elektron en het muon ieder een neutrino moesten hebben.

Na de eerste experimenten met neutrinobundels van hoge energie zijn er nog vele gevolgd die van deze techniek gebruik hebben ge-





7



7. De prijswinnaars van dit najaar tonen zich in de pers nogal een nostalgisch: vroeger was hoge-energiefysica 'fun', nu niet meer. Dat geldt kennelijk niet als je net hoorde dat je de Nobelprijs krijgt, zoals Lederman op deze foto.

maakt. Het is daarbij interessant dat de Nederlandse Nobelprijswinnaar Simon van der Meer een methode heeft bedacht om de intensiteit van de neutrino's aanzienlijk te vergroten. Eén van de belangrijke latere ontdekkingen is het vaststellen van de zogenaamde neutrale-stroominteracties van neutrino's. Deze ontdekking heeft de aanzet gegeven voor de theoretische en experimentele ontwikkelingen die hebben geleid tot de ontdekking van de intermediaire bosonen  $W$  en  $Z$ .

De drie Nobelprijswinnaars hebben na hun ontdekking van 1962 nog belangrijke bijdragen geleverd aan de elementaire deeltjesfysica. Zo is Leon Lederman sterk betrokken geweest bij de ontdekking van het  $\psi$ -deeltje. Jack

Steinberger is vanaf 1976 verantwoordelijk geweest voor een groot neutrino-experiment op het Europese versnellercentrum CERN bij Genève. In dit experiment met neutrino's, met een ongeveer honderdmaal zo grote energie als bij het experiment uit 1962, werden resultaten gevonden die in tegenspraak waren met een eerder experiment uit de Verenigde Staten waarbij onder andere Carlo Rubbia, de tegenwoordige directeur van CERN, was betrokken. Ik werkte toen op CERN en kan me nog levendig de verhitte discussie tussen Rubbia en Steinberger herinneren, nadat de eerste resultaten van Steinberger aantoonde dat Rubbia foute conclusies uit zijn experiment had getrokken. Later is komen vast te staan dat Steinberger het hier bij het rechte eind had.

De huidige beschrijving van elementaire deeltjes en hun wisselwerkingen wordt samengevat onder de naam *standaardmodel*. Dit model omvat de geunificeerde theorie voor de elektrozwakke interacties en daarnaast de theorie van quarks en gluonen die bekend staat als *quantumchromodynamica*. Veel van het speurwerk naar de structuur van dit standaardmodel is gebeurd met behulp van neutrino's, een in 1960 geheel nieuwe techniek, waarvan Lederman, Schwartz en Steinberger hebben laten zien dat deze in de praktijk kan worden toegepast. Zonder dit onderzoek met behulp van hoogenergetische neutrino's is het vrijwel ondenkbaar dat we nu zo overtuigd zouden zijn van de geldigheid van het standaardmodel.

#### Literatuur

Close F, Marten M, Sutton C. The Particle Explosion. New York, Tokyo, Melbourne: Oxford University Press; 1987.

#### Bronvermelding illustraties

Brookhaven National Laboratories, Upton, Long Island, New York, VS: drie foto's op pag. 976-977, 5  
Associated Press, Amsterdam: 1, 7  
Fermi National Accelerator Laboratory, Batavia, Illinois, VS: 2  
CERN, Genève, Zwitserland: 3

# De chemie

**W**ijn is een drank die door alcoholische gisting wordt verkregen uit het sap van verse druiven. De kwaliteit van een wijn hangt af van een groot aantal factoren, waarvan de gebruikte druif, de teelt en verwerkingswijze de belangrijkste zijn. In chemisch opzicht is wijn een zeer gecompliceerde oplossing van een groot aantal verbindingen. De samenstelling van die oplossing bepaalt geur en smaak en is, wat de aminozuren betreft, karakteristiek voor de streek waar de wijn vandaan komt. Met een aminozuuranalyser kan men daardoor een 'vingerafdruk' van deze euforische drank maken.

## BOURGONDISCHE AMINOZUREN

P.D. Dirinck  
W.C.G. Ooghe  
Rijksuniversiteit Gent





# *van wijn*



De chemische samenstelling van een wijn wordt vanzelfsprekend grotendeels bepaald door de gebruikte druif. De kwaliteit daarvan is afhankelijk van een groot aantal factoren, zoals de grond, de bemesting, het klimaat en de rijpingsgraad op het moment van oogsten. Maar daarnaast heeft ook de bewerking grote invloed. Bij droge rode wijnen wordt alle suiker omgezet in alcohol, terwijl bij zoete witte wijnen de gisting vroegtijdig wordt stilgelegd door toevoeging van wijnalcohol, of door de gistcellen met zwaveldioxyde te doden, dan wel door ze uit de vloeistof te zeven. Onnodig te zeggen dat al deze bewerkingen op de een of andere manier ook de kwaliteit van de wijn beïnvloeden.

De in Europa aangeplante wijnstokken behoren tot de soort *Vitis vinifera*. Van deze soort zijn ongeveer 5000 variëteiten bekend, waarvan er slechts een vijftigtal in de moderne wijnbereiding worden gebruikt. Zoals met alle gewassen, is ook met de wijnstok eeuwenlang geselecteerd totdat die rassen overbleven die de beste combinatie van een goede kwaliteit, behoorlijke opbrengst en resistentie tegen plantenziekten boden.

Met name in noordelijker wijnstreken hebben de druiven een duidelijk bouquet. Belangrijke druiverassen zijn hier de Cabernet Sauvignon, de basis van de grote médoc-wijnen, de Merlot (St. Emillion en Pomerol), de Pinot Noir (Bourgogne) en de Duitse Riesling, de klassieke druif voor de betere rijs- en moezelwijnen. Bij muscaatwijnen is de invloed van de druif misschien wel het beste te proeven, de specifieke geur en smaak van deze wijnen zijn geheel tot die van de druif te herleiden, om precies te zijn: tot zuurstofhoudende terpenen als linalool, nerol, geraniol en isomere linalooloxyden (afb. 3).

De kleur van de wijn is niet per se dezelfde als de kleur van de druif. Witte wijn kan uit blauwe druiven worden gemaakt door de druiven te persen en vervolgens onmiddellijk schillen en pitten te verwijderen. Bij rode wijnen worden de kleurstoffen uit de schil geëxtraheerd naarmate er meer alcohol wordt gevormd. De voornaamste pigmenten die men erin aantreft zijn anthocyaniden en tanninen. Zij bepalen niet alleen de kleur, maar ook de wat wrange smaak die droge rode wijnen eigen is. Bovendien beschermen ze de wijn tegen oxydatie.

1. Gekwetste druiven drijven in gistend sap. De suikers in het sap worden door de gist *Saccharomyces cerevisiae* omgezet in alcohol en koolstofdioxyde, dat als 'lucht' belletjes zichtbaar is.

2. Het genot van wijn wordt niet alleen door de smaak, maar ook door de geur veroorzaakt. Nietvluchtige stoffen hebben de meeste invloed op de smaak, vluchtige bepalen de geur, het bouquet.

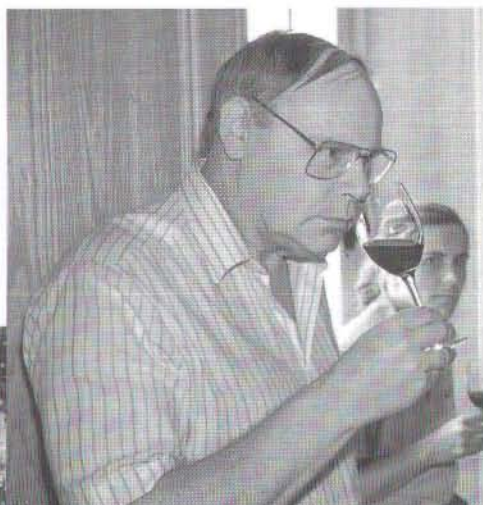


1

### Het bouquet

De bereiding van wijn begint met het kneuzen van de druiven, zodat het sap vrijkomt. Tegenwoordig gebeurt dat met behulp van hydraulische persen, vroeger gebruikte men handpersen of deed men het met de voeten. De suikers in het druivesap (*most*) worden omgezet in alcohol door gisten, voornamelijk *Saccharomyces cerevisiae ellipsoidens*, die van nature op de schil voorkomen. Vergelijken we de samenstelling van de most met die van wijn, dan blijkt dat tijdens de gisting niet alleen alcohol wordt gevormd, maar ook barnsteenzuur, melkzuur en azijnzuur (zie tabel 1). Samen met wijnsteenzuur, appelzuur en citroenzuur, die al in de most aanwezig waren, zorgen deze stoffen voor het zure karakter van de wijn.

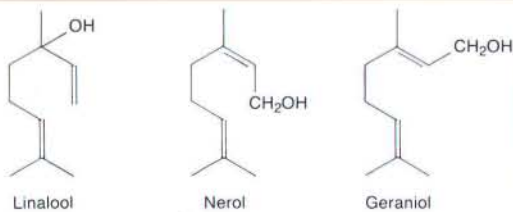




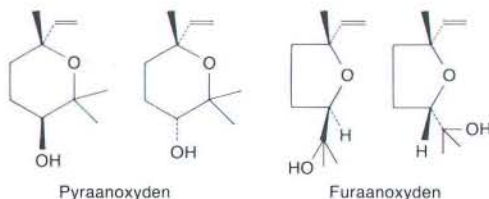
2

3. De structuurformules van een aantal organische verbindingen, die de smaak van wijn bepalen. Het gaat hierbij met name om terpenen, organische stoffen die opgebouwd zijn uit een aantal isopreen-eenheden. Veel secundaire plantstoffen horen in deze categorie thuis.

3



Linalooloxyden



Voor de smaakimpressie op de tong zijn voornamelijk niet-vluchtige organische verbindingen verantwoordelijk, die in relatief hoge concentraties in wijn voorkomen. Naast de zojuist vermelde zuren zijn dat vooral tanninen voor de bittere smaak en na de gisting resterende suikers, die een zoete wijn zoet maken. Ontbreken de suikers, dan spreekt men van een droge wijn. In zoetzure wijnen, bijvoorbeeld sauterneswijnen, spelen ook stoffen als glycerol en 2,3-butaandiol een rol bij de smaaksensatie. Deze worden geproduceerd in druiven die zijn aangetast door de schimmel *Botrytis cinerea*, die laat in de herfst verschijnt. Het spreekt vanzelf dat voor een goede smaak alle genoemde smaakstoffen in een bepaalde verhouding aanwezig dienen te zijn.

De echte wijnliefhebber proeft niet alleen aan de wijn, hij ruikt er ook aan. Sterker nog, het aroma of het bouquet, is bepalend voor het verschil tussen een goede wijn en een kwaliteitswijn. Voor het waarnemen en waarderen van het bouquet, zijn juist vluchtige verbindingen essentieel. Alleen die kunnen doordringen in het reukslijmvlies hoog in de neusholte.

Is de smaak van wijn toe te schrijven aan niet-vluchtige organische verbindingen, vluchtige stoffen, die overigens slechts in kleine concentraties (in totaal circa  $1 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ ) voorkomen, bepalen het aroma. Meestal gaat het om hogere alcoholen die tijdens de gisting gevormd zijn, zoals 2-methylpropanol, 2- en

TABEL 1 Samenstelling van wijn en most

Most	Wijn
Water	Water
Suikers: D-glucose D-fructose	Ethanol Glycerol
Organische zuren: wijnsteenzuur appelzuur citroenzuur	Organische zuren: wijnsteenzuur appelzuur citroenzuur barnsteenzuur melkzuur
N-verbindingen (aminozuren)	N-verbindingen
	Vluchtige zuren: azijnzuur mierzuur propionzuur boterzuur hogere alcoholen
	Organische esters

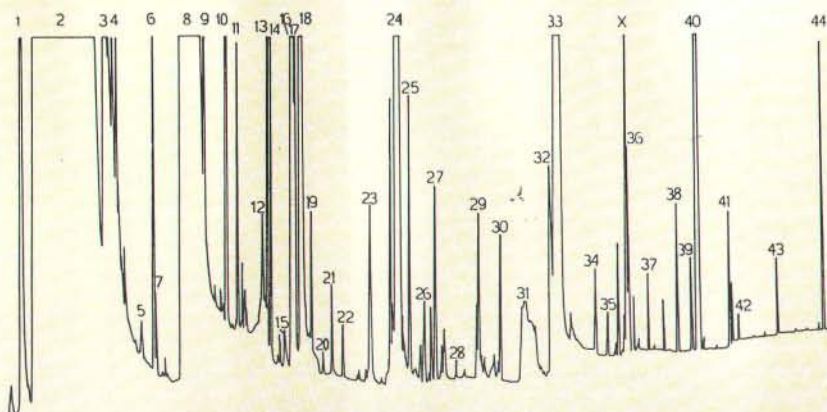
4 en 5. De wijncultuur is in landen als Frankrijk, Italië, Spanje, Duitsland en de Balkanlanden een belangrijke bron van inkomsten. Voor het oogsten van de druiven zijn speciale machines ontwikkeld.

6. De samenstelling van een Chateau Baleau, St. Emillion 1973. Elke piek staat voor een andere stof, de oppervlakte van de piek geeft aan hoeveel van die stof in de wijn werd aangetroffen. (1 = ethanal, 2 = ethanol, 3 = ethylacetaat, 4 = 2-methyl-propanol, 5 = 1-butanol, 9 = 2-methylpropylacetaat, 10 = ethylbutanoaat, 12 = ethyl-2-butanoaat, 13 = ethyl-2-methylbutanoaat, 15 = p.xyleen, 18 = 1-hexanol, 19 = ethylpentanoaat, 22 =  $\alpha$ -pinen, 23 = benzaldehyde, 24 = ethylhexanoaat, 25 = hexylacetaat, 26 = limonene, 29 = ethylheptanoaat, 30 = methyl-octanoaat, 31 = 2-fenylethanol, 32 = diethylsuccinaat, 33 = ethyl-octanoaat, 35 = 2-fenylethylacetaat, 36 = ethyl-nonanoaat, 37 = methyldecanoaat, 39 = ethyl-4-decenoaat, 40 = ethyldecanoaat, 41 = 3-methylbutyl-octanoaat)

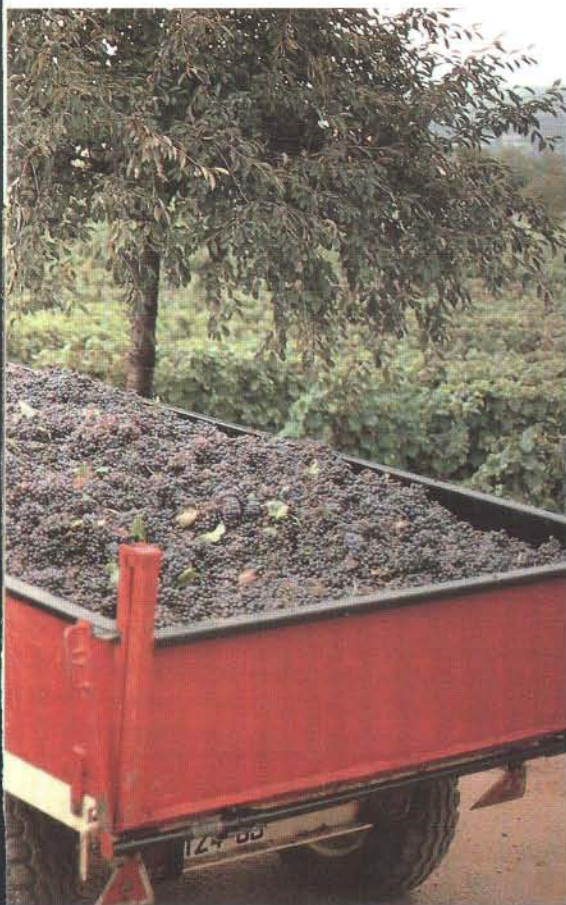


4

6







5

3-methylbutanol en 2-fenylethanol. Daarnaast zijn er ook nog zeer geringe ( $<10^{-3}\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ ) concentraties aromatische verbindingen in het spel.

Moderne chemische analysemethoden, zoals gaschromatografie en massaspectrometrie, maken het ons mogelijk om de aromaverbindingen in wijn te identificeren. Met behulp van verschillende extractietechnieken kunnen zij uit het water-alcoholmengsel gehaald worden. In een gekoppelde gaschromatograaf-massaspectrometer worden de vele vluchtige componenten eerst gescheiden en daarna geïdentificeerd. Deze methode is zeer gevoelig; één tot tien nanogram ( $10^{-9}\text{g}$ ) van een verbinding kan worden opgespoord. Het resultaat van de analyse van het bouquet van een fraaie wijn zien wij in afbeelding 6.

Wat aan die afbeelding opvalt is dat naast de hogere alcoholen ook veel ethylesters voorkomen. Deze worden tijdens de fermentatie gevormd uit het in overmaat voorkomende ethanol en de aanwezige zuren. Ook zien we veel van azijnzuur en hogere alcoholen afgeleide esters.

Het aantal vluchtige stoffen dat in deze wijn voorkomt maakt duidelijk dat het niet eenvoudig is om precies te zeggen, welke stof het aroma bepaalt. Dat komt voor een deel omdat de reukzin niet voor elk van deze stoffen even gevoelig is. Bovendien moet men rekening houden met de mogelijkheid dat er stoffen in het mengsel zitten die niet opgemerkt worden door de apparatuur, maar wel door een goede neus. Bovendien is de meting afhankelijk van de leeftijd van de wijn...



## Vervalsingen

Goede wijn behoeft geen krans, maar soms tracht men inferieure wijnen een krans om te hangen die hen niet toekomt. De reden is simpel: kwaliteitswijn is duur, dus aan moeilijk herkenbare imitaties is veel geld te verdienen. Sommige vervalsingen worden zo geraffineerd uitgevoerd, dat klassieke opsporingsmethoden tekortschieten.

De normaal uitgevoerde controles op wijn richten zich op alcoholgehalte, zuurgraad en de hoeveelheid suikers, sulfiet, glycerol en ijzer, kortom op bestanddelen die eigen zijn aan de wijn. Produkten die daar doorgaans niet in voorkomen worden derhalve ook niet systematisch opgespoord. Als ze ontdekt worden, dan is dat bijna altijd bij toeval. Niettemin zijn er de laatste jaren een aantal wijnschandalen geweest. Daarbij ging het soms om het illegaal bijmengen van een goedkope wijn, maar soms ook om de toevoeging van schadelijke stoffen als diethyleenglycol, of zelfs methanol om bepaalde tekorten of fouten in de vervalsing te maskeren.

Voor de laatstgenoemde toevoegingen zijn onrechtstreeks het gevolg van de hoge eisen waaraan een kwaliteitswijn wettelijk moet voldoen. Zo moet de druivenmost een minimum aan suikers bevatten, niet alleen om ervoor te zorgen dat het wettelijk voorgeschreven alco-

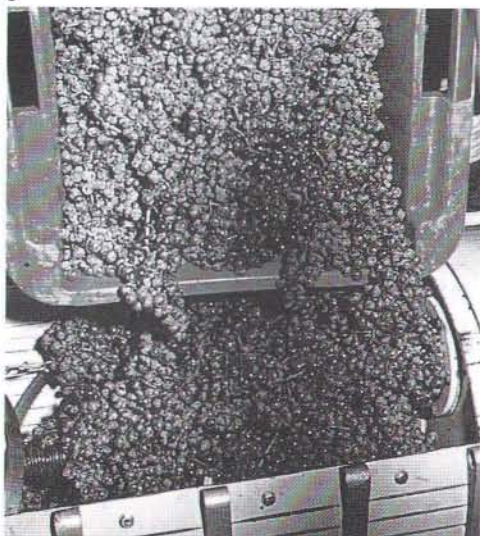
holpercentage gehaald wordt, maar ook om bijvoorbeeld bij bepaalde witte wijnen voor voldoende zoetheid te zorgen. In veel streken is het klimaat echter niet zodanig dat de oogst voldoende rijpe tot overrijpe suikerrijke druiven oplevert, zodat sommige wijnboeren besluiten om de natuur maar een handje te helpen. Zolang dit gebeurt door het toevoegen van suikers (*chaptaliseren*) of geconcentreerde most voor of zelfs na de gisting, zou dit nog door de vingers gezien kunnen worden. Dergelijke toevoegingen zijn soms wettelijk toegelaten en in geen geval schadelijk voor de gezondheid. Het toevoegen van diethyleenglycol, dat de wijn zoeter maakt en wat meer 'body' geeft, of het zeer giftige methanol, om het alcoholgehalte te verhogen, moet echter misdadig genoemd worden.

Alleen met uiterst gevoelige analyse-apparatuur is het mogelijk om vervalsingen op het spoor te komen. Met dergelijke apparatuur is inmiddels zoveel ervaring opgedaan, dat het mogelijk is om wijnen van een bepaalde herkomst te karakteriseren. Eén categorie stoffen die daarvoor goed bruikbaar is, zijn de aminozuren. In wijn komen kleine hoeveelheden van ongeveer 20 aminozuren voor. De hoeveelheden wisselen per wijnsoort. Door te bepalen welk aminozuur in welke hoeveelheid voorkomt, kan men als het ware een vingerafdruk van elke wijnsoort maken.

7



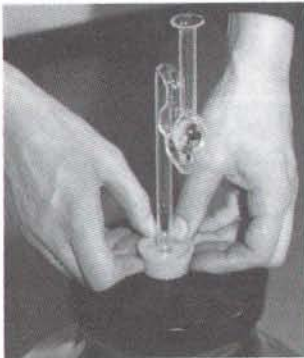
8







10



11

7, 8 en 9. Het plukken van druiven gebeurt in grotere wijngaarden geheel machinaal. Ook bij de verdere verwerking, zoals het verwijderen van de steeltjes en het persen is steeds minder sprake van handwerk.

10 en 11. Wijnmaken is in principe vrij eenvoudig thuis te doen. Nodig zijn een grote emmer voor de eerste gisting. Daar laat men de gekwetste vruchten enige tijd in staan, waarna

het sap wordt overgebracht in een grote fles die met een waterslot (11) wordt afgesloten. Daarin vindt bij kamertemperatuur de verdere gisting plaats. Met eenvoudige hulpmiddelen is het alcohol- en suikergehalte te bepalen. Wanneer deze op smaak zijn, kan de wijn voorzichtig met een hevel worden gebotteld. Daarbij moet men oppassen dat zo weinig mogelijk bezinksel wordt meegenomen.

TABEL 2 Gemiddelde waarden van de aminozuren in enkele wijnen (mol %)

	Bourgogne	Bordeaux	Côtes du Rhône
Asparaginezuur	5,0 ± 0,7	3,2 ± 0,6	4,7 ± 0,7
Threonine	3,8 ± 0,8	2,0 ± 0,3	2,7 ± 0,4
Serine	4,2 ± 0,6	2,7 ± 0,4	3,6 ± 0,4
Glutaminezuur	10,8 ± 1,6	4,9 ± 0,8	8,5 ± 0,8
Proline	29,9 ± 7,0	64,3 ± 5,5	47,5 ± 5,6
Glycine	7,3 ± 1,0	5,0 ± 0,8	7,2 ± 0,6
Alanine	10,9 ± 1,8	5,4 ± 1,0	7,2 ± 1,1
Cysteïne	1,3 ± 0,3	0,9 ± 0,2	1,8 ± 0,3
Valine	2,9 ± 0,4	2,0 ± 0,4	2,4 ± 0,4
Methionine	0,4 ± 0,1	0,3 ± 0,1	0,4 ± 0,1
Isoleucine	1,7 ± 0,3	1,2 ± 0,3	1,5 ± 0,3
Leucine	2,1 ± 0,5	1,8 ± 0,3	2,0 ± 0,4
Tyrosine	1,1 ± 0,4	0,9 ± 0,3	1,2 ± 0,3
Fenylalanine	1,3 ± 0,3	0,9 ± 0,2	1,2 ± 0,3
GABA	7,3 ± 2,2	1,5 ± 0,5	2,5 ± 0,8
Histidine	0,8 ± 0,3	0,5 ± 0,2	0,9 ± 0,2
Ornithine	1,8 ± 2,0	0,6 ± 0,4	0,8 ± 0,4
Lysine	2,2 ± 0,5	1,7 ± 0,3	2,3 ± 0,3
Ethanolamine	0,4 ± 0,1	0,3 ± 0,1	0,4 ± 0,1
Arginine	5,6 ± 4,7	1,2 ± 0,6	3,1 ± 1,0

9



### Herkomst en authenticiteit

Het specifieke karakter van het aminozuurpatroon maakt dat het mogelijk is om eventuele vermengingen van groente- en vruchtensappen, andere wijnen, honing, confituren en zelfs vleeswaren op te sporen. Daarbij wordt ervan uitgegaan dat er met L-aminozuren, de optische vorm waarin aminozuren in de natuur voorkomen, moeilijk te knoeien valt.

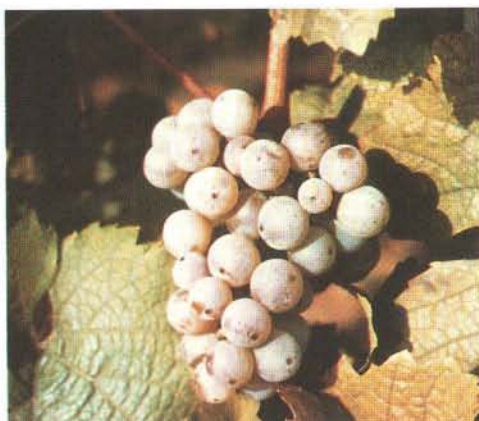
In het begin van de jaren zeventig werd het aminozuur proline als kwaliteitsparameter voor wijn aangewend. Omdat proline in vrijwel alle wijnen in relatief hoge concentraties voorkomt en het gehalte gemakkelijk te bepalen is, hebben vooral Italiaanse en Russische onderzoekers voorgesteld de *absolute* prolinehoeveelheid als een soort zuiverheids- en kwaliteitsnorm te hanteren. Hierbij werd aangenomen

men dat er voor elke wijnstreek een positief verband bestaat tussen deze prolinehoeveelheid en de wijnkwaliteit. Het is echter zeer de vraag of dit verband zomaar gelegd mag worden, omdat ondermeer bemesting en klimaat het prolinegehalte beïnvloeden.

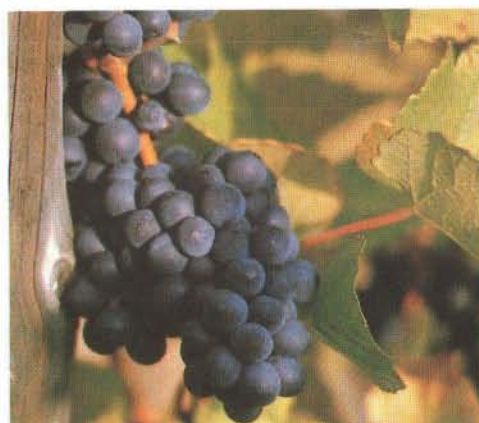
Wij hebben de laatste jaren veel onderzoek verricht naar het verband tussen het aminozuurpatroon en de herkomst van een wijn. Daarbij hebben we vastgesteld dat met *procentuele* aminozuurwaarden een wijn beter gekarakteriseerd kan worden dan met absolute waarden. Verder bleek dat een *totaal aminogram*, waarin ook de aminozuren uit peptiden en eiwitten worden bepaald, meer informatie geeft dan louter de bepaling van vrij voorkomende aminozuren.

Een voorbeeld vinden we in tabel 2. Van 20 aminozuren is het relatieve gehalte in representatieve wijnen uit drie wijnstreken bepaald. De gevonden gemiddelden ( $\bar{x}$ ) en de standaardafwijking ( $\sigma$ ) zijn per aminozuur vastgelegd. Uit de tabel blijkt dan dat de Bordeauxwijnen op zes, de Bourgognewijnen op vier en de Côtes du Rhône-wijnen op twee punten totaal verschillen van wijnen uit de andere gebieden.

Om de aminozuurwaarden van verschillende wijnstreken onderling te kunnen vergelijken, kan een beroep gedaan worden op meerdere statistische technieken. Is het aantal parameters beperkt, dan kan worden volstaan met een

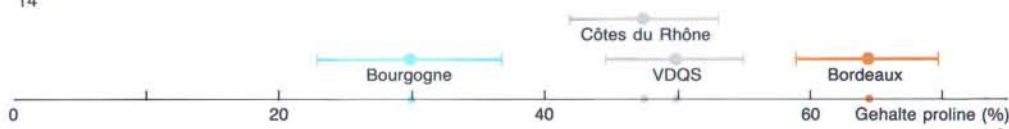


12



13

14



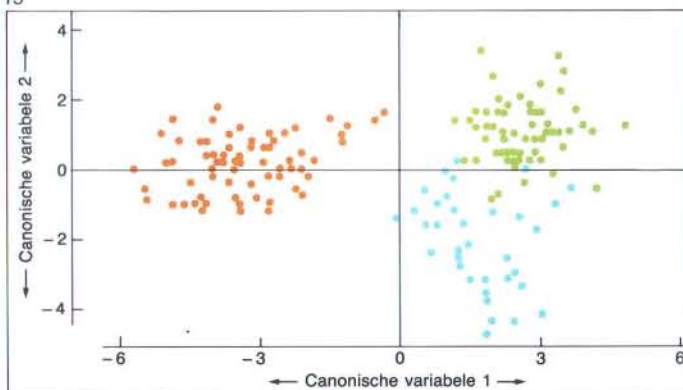
12 en 13. Twee druiverassen: de Riesling (12) en de Pinot noir (13).

14. Het relatieve prolinegehalte is een eenvoudige parameter om wijnen op basis van hun herkomst te onderscheiden.

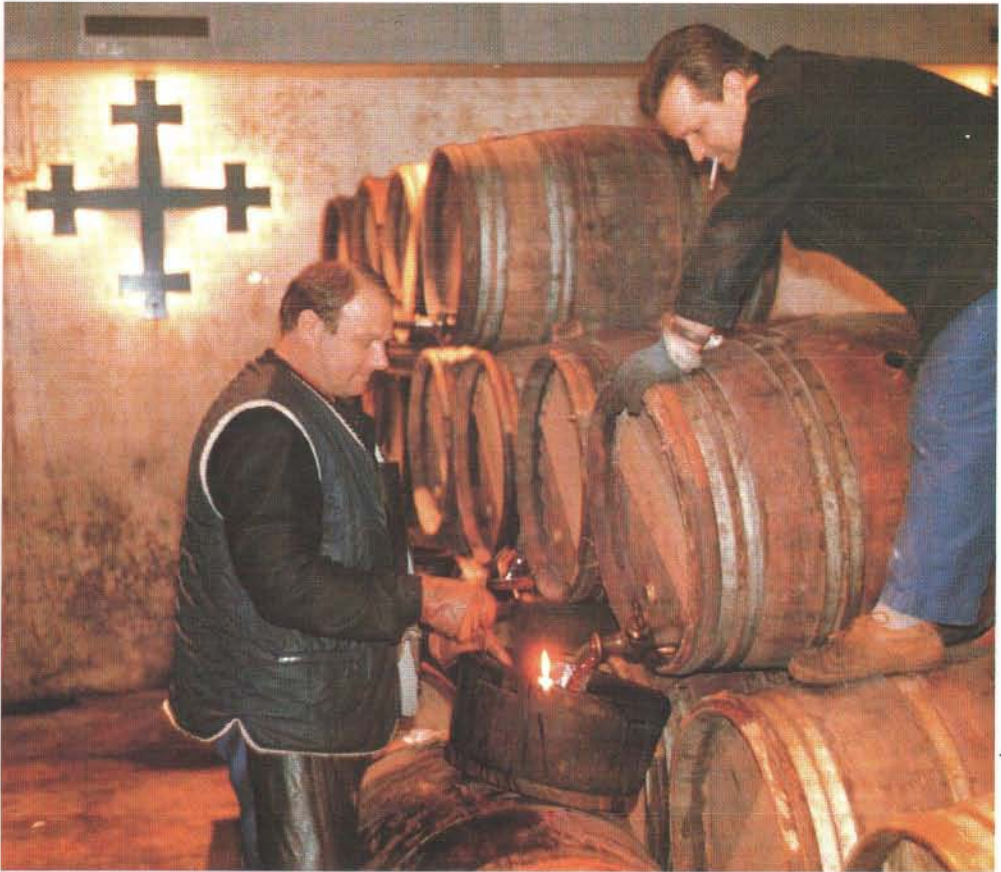
15. Lineaire discriminant analyse is een wiskundige methode waarmee de aminozuursamenstelling van verschillende wijnen vergeleken kan worden. Wijnen uit verschillende streken kunnen zo onderscheiden worden.

16. Een keldermeester controleert de kwaliteit van rijpende wijnen. De kaars dient om kleur en helderheid te beoordelen.

15







16

betrekkelijk eenvoudige weergave als in afbeelding 14.

Wil men echter alle 20 aminozuurparameters in de beschouwing betrekken, dan is hulp van een computer onmisbaar. Programma's gericht op patroonherkenning bewijzen dan goede diensten. Met behulp van statistische en wiskundige methoden als de principle component analyse of de lineaire discriminant analyse kan men dan de aminozuurwaarden van verschillende wijnen weergeven op een eenvoudig tweedimensionaal assenstelsel. Een dergelijke vergelijking tussen Bordeaux-, Beaujolais- en Bourgognewijnen levert dan duidelijke groepen op (afb. 15).

Dergelijke patroonherkenningsmethoden geven weliswaar een goed visueel beeld, maar leveren nog geen onaanvechtbaar bewijs van een vervalsing op, dat in een objectief getal

kan worden vastgelegd. De statistische  $\chi^2$ -test of de F-test bieden hier uitkomst. Met de  $\chi^2$ -test bijvoorbeeld kan worden uitgerekend of een onbekende wijn tot een bepaalde ( $\bar{x} \pm \sigma$ )-aminozuurstandaard behoort.

In tabel 3 zijn de  $\chi^2$ -waarden van een aantal niet-AOC-wijnen (AOC = Appelation d'origine contrôlée), vergeleken met de ( $\bar{x} \pm \sigma$ )-standaarden voor Beaujolais, Bordeaux en Côtes du Rhône. Is de  $\chi^2$ -waarde groter dan 40, dan kan met 99,9% zekerheid gesteld worden dat de betreffende wijn niet tot één van deze drie groepen behoort. Uit de tabel blijkt dat de Italiaanse Barolo en een Argentijnse wijn als Bordeauxwijn kunnen worden aanvaard, terwijl geen van de wijnen als Beaujolais door het leven kan. De standaard voor de Côtes du Rhône blijkt veel minder selectief te zijn. Dit komt waarschijnlijk doordat in een dergelijke

## — Aminozenen en aminozuuranalyse —

Aminozenen zijn organische verbindingen die één of meer basische aminogroepen en één of meer zure carboxylgroepen bevatten. Meestal zitten de aminogroepen en de carboxylgroepen aan hetzelfde C-atoom gebonden. Men spreekt dan van een  $\alpha$ -aminozuur, een voorbeeld zien we in afbeelding 1-1.

In een neutraal milieu gedragen de aminozenen zich als *zwitterionen*, waarbij de carboxylgroep een negatieve lading heeft en de aminogroep een positieve. De pH waarbij die twee ladingen even groot zijn, en dus elkaar opheffen, noemt men het *iso-elektrisch punt*. De ligging van dit punt verschilt per aminozuur, afhankelijk van de structuur van de restgroep (R in afb. 1-1).

Voor de analyse van aminozenen wordt gebruik gemaakt van het feit dat bij een pH onder het iso-elektrisch punt de dissociatie van de carboxylgroep wordt teruggedrongen, waardoor het aminozuur als een positief geladen kation in de oplossing zit. In een *aminozuuranalyser* wordt gebruik gemaakt van kationenuitwisselingschromatografie om de aminozenen te scheiden en op de ninhydrine-kleurreactie om ze te detecteren en te bepalen.

De aminozenen worden bij een pH van 2,2 als kationen op een kolom gebracht die is gevuld met een

kationenwisselaar. Dat is een hars waar veel negatief geladen sulfongroepen op zitten, die de positief geladen kationen sterk aantrekken. Wanneer we nu de pH van de oplossing die door de kolom stroomt langzaam laten stijgen, door toevoeging van verschillende lithiumcitraatoplossingen, zal elk aminozuur vroeg of laat zijn iso-elektrisch punt bereiken. Dan wordt de zwitterionvorm van het aminozuur dominant en wordt de binding aan de hars zwakker. Vanaf dat moment kunnen de lithiumionen de zwitterionen van de hars verdringen. De één voor één vrijkomende aminozenen gaan nu met de stroom door de kolom mee en kunnen apart worden gedetecteerd. Ze komen de kolom uit in een volgorde die bepaald wordt door het iso-elektrisch punt, die met het laagste het eerst.

De aldus gescheiden aminozenen worden vervolgens gekleurd met ninhydrine. Door fotometrische bepaling van de kleurintensiteit bij 570 nm wordt vervolgens het gehalte bepaald. Hoe sterker de kleurintensiteit, hoe groter het aminozuurgehalte in de betreffende fractie. Het vergt dan alleen nog wat rekenwerk om de gevonden waarden te herleiden tot het aminozuurgehalte van de onderzochte oplossing.

### ■ INTERMEZZO ■

TABEL 3  $\chi^2$ -waarden van enkele niet-AOC-wijnen na vergelijking met drie wijnstandaarden

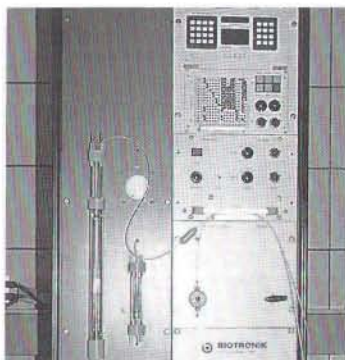
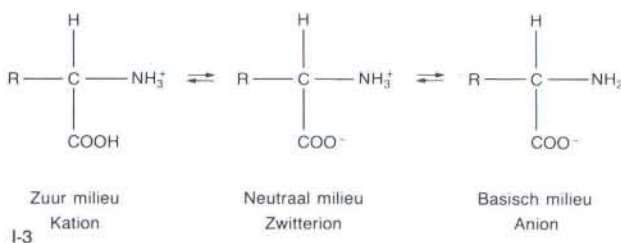
Max. $\chi^2$ -waarde binnen de groep	Beaujolais 28.5	Bordeaux 30.4	Côtes du Rhône 25.1
Côteaux du Languedoc VDQS 1977	243.7	127.9	39.5*
Saint-Chinian VDQS 1977	144.1	215.1	27.8*
Hauterterre Faugère VDQS 1978	173.3	182.7	30.2*
Les Hauts de Chateauneuf du Pape AC 1978	80.0	239.0	46.9
Terres brûlées, Corse	209.7	162.3	32.4*
El Djellaba, Algérie	582.9	42.8	108.5
Ourika, Maroc	323.7	102.2	58.3
Jumilla DOC 1978, España	146.9	78.4	12.2*
Costanilla DOC 1976, España	59.3	607.9	207.7
Garrafeira 1970, Portugal	205.0	191.4	59.0
Dao Catedral AOC 1974, Portugal	117.2	107.9	9.9*
Barolo DOC 1971, Italia	387.5	9.3*	102.3
Castel Francesco Chianti DOC 1976, Italia	67.0	389.6	85.8
Andean, Argentina	457.1	22.2*	82.2
Vin rouge de Grèce, Ellas	251.4	125.0	17.4*
Egri Bikavér, Magyarorszag	98.9	187.1	17.8*

\*: kan aanvaard worden als behorend tot de beschouwde groep.

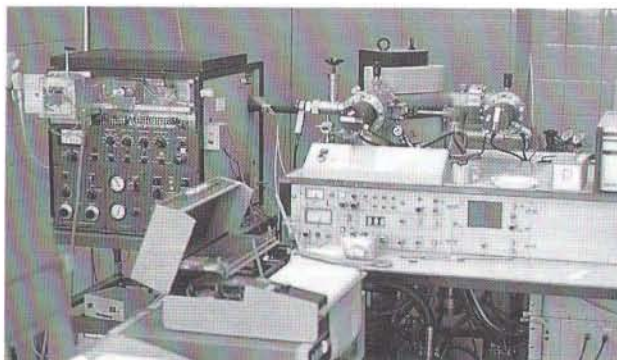


I-1 en 2. Aminozuuranalysers en andere analyseapparaten kunnen behulpzaam zijn bij het vaststellen van de samenstelling van een wijn.

I-3. In zuur milieu (lage pH) komen aminozuren vooral als kation voor. In een aminozuuranalyzer wordt de zuurgraad langzaam verhoogd, waardoor de verschillende aminozuren afhankelijk van hun iso-elektrisch punt beurtelings de neutrale zwitterionconfiguratie bereiken.



I-1



I-2

wijn een stuk of vijftien verschillende variëteiten druiven mogen worden gebruikt; in andere gebieden zijn dat er slechts veel minder: één, hooguit vijf.

Uit onderzoek naar de oorzaak van de vastgestelde verschillen — onder andere op basis van aminozuuranalyses van druivenmost — kon worden afgeleid dat het *relatieve* aminozuurpatroon van een wijn voornamelijk wordt bepaald door de variëteiten van de gebruikte druif en in veel minder mate door factoren als ondergrond, klimaat, teeltwijze, verwerking en dergelijke. Deze hebben wel invloed op het *absolute* gehalte aan aminozuren, maar niet op het patroon.

Het is derhalve niet verwonderlijk dat de rode AOC-wijnen uit het Bourgogne-, Bordeaux- of Rhônegebied, waar wettelijk andere druiverassen gebruikt moeten worden, een aminozuurpatroon hebben waardoor ze onderling en ten opzichte van andere wijnen onderscheiden kunnen worden.

#### Literatuur

- Ribèreau-Gayon J, Peynaud E, Sudraud P, Ribèreau-Gayon P. Sciences et techniques du vin. Paris: Dunod, 1976.
- Johnson H. Wijnatlas. Utrecht/Antwerpen: Het Spectrum, 1981.
- Ooghe W. De bepaling van aminozuren in levensmiddelen. Gent: Rijksuniversiteit Gent, 1982.
- Cramers CA. Gaschromatografie. Natuur en Techniek 1985; 53; 12, 908-915.
- Nibbering NNM. Massaspectrometrie. Natuur en Techniek 1985; 53; 6, 446-461.
- Derde MP, Marsart DL, Ooghe W, De Waele A.J. Autom. Chem. 1983; 5, 136-145.

#### Bronvermelding illustraties

- Paul Mellaert, Maastricht: pag. 982-983, 2, 5, 16.
- Sopexa, 's Gravenhage: 1, 7, 8, 9, 12, 13.
- Huup Dassen, Maastricht: 10, 11.
- De overige illustraties zijn van de auteurs.







# HYPERFIJNE TIJD METING

**DE TIJD** imponeert mensen al eeuwen. Tijd heeft vele merkwaardige facetten: ook al staat onze klok stil, de tijd gaat steeds door! Iedereen heeft een idee van wat tijd is, toch kan niemand er een goede omschrijving van geven. In dit artikel zal worden beschreven hoe tijd exact kan worden gemeten en vergeleken. We moeten dan een onderscheid aanbrengen tussen de tijd die aangeeft hoe lang iets duurt, de tijdsduur, en de tijd die aangeeft hoe laat iets gebeurt, het tijdstip. Een stopwatch is een meetapparaat voor de tijdsduur, terwijl een klok of horloge tijdstippen aangeeft. Een kalender is daar een voortzetting van en geeft grotere eenheden aan.

Een klein formaat telescoop staat klaar om laserlicht op te vangen dat van een satelliet wordt teruggekaatst. Wanneer het precieze tijdstip van de uitgezonden lichtflits bekend is, kunnen nauwkeurige afstands- en baanbepalingen worden uitgevoerd. Voor dit artikel is dat 'precieze tijdstip' belangrijk: in zekere zin komt hier het verschil tussen precies en zeer precies aan de orde.

**G. de Jong**  
*Van Swinden Laboratorium  
Delft*

In de geschiedenis speelden zon, maan en sterren steeds een grote rol bij de tijdsbepaling. De beginpunten van de nieuwe dag werden gelegd bij zonsopkomst, als de zon zijn hoogste punt bereikt, of bij zonsondergang. Inventieve lieden ontwierpen in de loop der tijden allerlei hulpmiddelen om, als de zon niet zichtbaar was, te kunnen weten hoe laat het was.

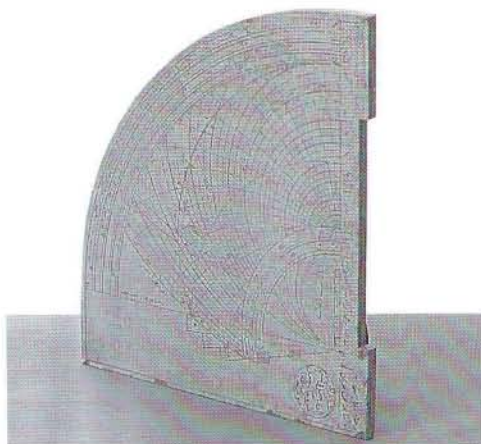
Uurwerken, klokken en horloges waren het uiteindelijke resultaat. Ze hebben allemaal een trillingsbron of *frequentiestandaard*, en een optelrichting die het periodieke verschijnsel van de trillingsbron sommeert tot seconden, minuten, uren en desgewenst tot dagen, weken, maanden en jaren. Het optellen kan met wijzers en tandwielen gebeuren, wat een analoge weergave oplevert, of met elektronische tellers die hun resultaat op een digitale display presenteren. Als trillingsbron is in de loop der jaren de slinger, het balanswiel (de *onrust*), de kwartsoscillator en de atomaire resonator in gebruik gekomen. Het significant voor- of achterlopen van een klok behoort tegenwoordig vrijwel tot het verleden. Kwartsoscillatoren en atomaire resonatoren zijn ook nagenoeg ongevoelig voor veranderingen van temperatuur, magnetische velden en de zwaartekracht.

### Een vaste maat

De Westers georiënteerde maatschappij is de afgelopen decennia steeds nauwkeuriger gaan werken. Over de hele wereld moeten nu de klokken gelijklopen. Tijdsverschillen van fracties van seconden kunnen in bepaalde metingen al van invloed zijn. De behoefte aan standaarden die over de hele wereld bruikbaar zijn neemt daardoor toe, niet alleen voor de tijd, waar het hier vooral over gaat, maar ook voor lengten en massa's.

In industrie en wetenschap gebruikt men tegenwoordig in het algemeen kwartsfrequentie-standaarden, maar ook nauwkeurigere, op natuurkundige eigenschappen van atomen gebaseerde standaarden, zoals rubidium-, cesium- en waterstofstandaarden.

Kwarts is een materiaal dat het piëzo-elektrisch effect vertoont: bij druk op het oppervlak van een kwartskristal ontstaat een elektrische spanning tussen de kristaloppervlakken. Omgekeerd trekt het kristal samen door het aanbrengen van een elektrische spanning. Een kwartskristal, ondergebracht in een geschikte



1



2

elektronische schakeling, gaat oscilleren met een nauwkeurig bepaalde frequentie die afhangt van zijn afmetingen. De oscillatiefrequentie is zeer stabiel en wijkt bij middeling over seconden slechts af in de orde van een factor  $10^{-11}$ . De reeds geringe invloed van temperatuurveranderingen (tot  $10^{-8} \text{ K}^{-1}$ ) kan nog worden verkleind door de hele schakeling in een thermostaat onder te brengen. Een relatieve frequentiedrift in de tijd (veroudering) van minder dan  $10^{-10}$  per dag kan worden bereikt.

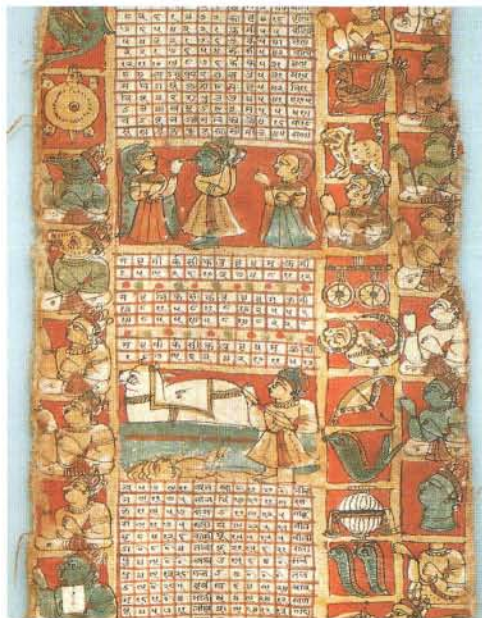
Kwartsoscillatoren worden tegenwoordig zeer veel toegepast in horloges, (micro)computers, radiozenders en -ontvangers en ook in de hierna genoemde atomaire tijd- en frequentie-standaarden.





Om een kernspin in niet-quantummechanische termen te begrijpen kan een atoomkern worden opgevat als een kleine staafmagneet waarvan het veld wordt veroorzaakt door de asymmetrische verdeling van de protonlading over de kern ten opzichte van de rotatie-as van de roterende (spinnende) kern. Wisselwerkin-

4. Goede en slechte dagen werden in het oude India bepaald aan de hand van deze kalenderdoek.



4

gen tussen elektron en kernspin ontstaan doordat een valentie-elektron in de buitenste schil in een baan om de kern draait. Zo'n bewegende lading veroorzaakt een magnetisch veld dat inwerkt op de 'staafmagneet' van de kernspin. Het elektron roteert bovendien om zijn eigen as, de elektronenspin, gedurende de baan om de kern. Tussen die twee magnetische eigenschappen van een elektron bestaat ook een wederzijdse wisselwerking.

De effectieve elektronenspin levert ter plaatse van de kern een zwak magnetisch veld op, hetgeen inwerkt op de staafmagneet van de kernspin. De staafmagneet heeft natuurlijk ook invloed op de kernspin. De koppeling tussen de kernspin en de elektronenspin veroorzaakt een zogenaamde *hyperfijnstructuur* van

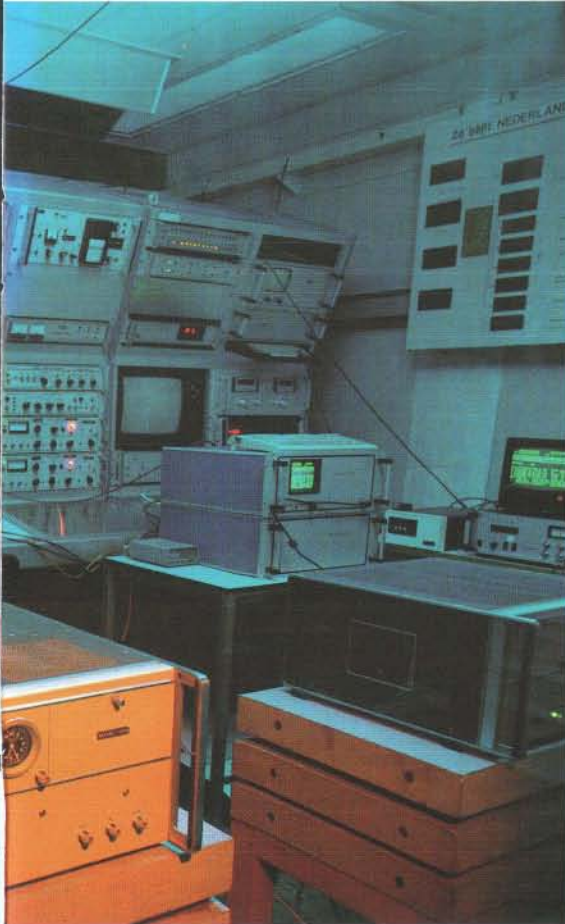


5

energieniveaus. De oriëntatie van de elektronenspin ten opzichte van de kernspin heeft twee mogelijkheden en de overgang tussen deze twee hyperfijn niveaus wordt in de atoomklokken gebruikt.

In de praktijk zal het aardmagnetisch veld op de atomen kunnen inwerken. Het aanbrengen van een extern magnetisch veld levert een verdere splitsing van de hyperfijn niveaus op; deze subniveaus worden met het quantumgetal  $m_F$  aangeduid. Deze splitsing door een extern magnetisch veld wordt het *Zeemaneffect* genoemd, naar de Nederlandse natuurkundige Pieter Zeeman (1865-1943) die het ontdekte. Bij atoomklokken wordt dit Zeemaneffect gebruikt om voldoende scheiding tussen de subniveaus aan te brengen om de gewenste over-





5. Eén van de cesium-atoomklokken in het Delftse Van Swinden Laboratorium. De kast op de voorgrond bevat de frequentiestandaard. De begeleidende meetapparatuur vormt de 'muur' op de achtergrond.

6. De cesiumstandaard van het Duitse meetinstituut in Braunschweig is preciezer dan de Nederlandse omdat de afstand tussen de twee trilholtes veel groter is: 0,8 m tegen 0,3 m.

6



gang tussen de subniveaus met  $m_F = 0$  van de twee hyperfijn-niveaus te kunnen selecteren (fig. 8). Het zwakke magneetveld dat ervoor nodig is wordt het C-veld genoemd. De gebruikte overgang met  $m_F = 0$  is relatief ongevoelig voor de sterkte van het C-veld en dus ook voor het storende restant van het aardmagnetisch veld.

De aan de hyperfijnovergangen gekoppelde frequenties liggen in het microgolfgebied. Bij tijdstandaarden die met atomen als rubidium, cesium of waterstof worden gemaakt, wordt steeds één hyperfijnovergang benut door de juiste frequentie op de atomen in te laten werken.

### De cesiumstandaard

De definitie van de eenheid van tijd, de seconde, in het SI-eenhedenstelsel luidt sedert oktober 1967: "de seconde is de tijdsduur van 9 192 631 770 perioden van de straling overeenkomend met de overgang tussen de twee hyperfijn-niveaus van de grondtoestand van het atoom cesium 133." Deze definitie geldt voor atomen in rust, op zeeniveau, en ongestoord door elektromagnetische velden. De hyperfijn-niveaus van de grondtoestand (in de atoomfysica aangeduid met 2S-toestand), waarvan in de definitie sprake is, worden aangeduid (afb. 8) met  $F = 3$ ,  $m_F = 0$  en  $F = 4$ ,  $m_F = 0$ . Het in de afbeelding aangegeven C-veld is het vrij zwakke veld dat zorgt voor de scheiding tussen

de hyperfijn niveaus; de sterkte van dit C-veld is te berekenen uit het frequentieverschil tussen de subniveaus.

De overgang uit de definitie moet nu nog worden gekoppeld aan een klok. Dat gebeurt in de cesiumatoomklok. Het hart van die klok bestaat uit een gesloten buis waarin hoogvacuüm heerst, zodat andere atomen en moleculen geen storende invloed uitoefenen. Het cesium waaraan wordt gemeten doorloopt in het getekende schema van de klok (afb. 7) een weg van links naar rechts. In een oventje wordt de cesiumisotoop 133 verhit tot ongeveer 100°C. Er verdampt dan cesium dat, gevormd tot een nette straal atomen, de oven verlaat. De atomen passeren een magneet A, met een sterke gradiënt van het magneetveld, waarbij een scheiding optreedt van de atomen met quantumnummer  $F=3$  en  $F=4$ . De atomen in de ene toestand trekken naar de noordpool, de andere naar de zuidpool van de magneet. De scheiding is nodig om later een overgang van de ene energietoestand naar de andere te kunnen vaststellen. De atomen in één van beide

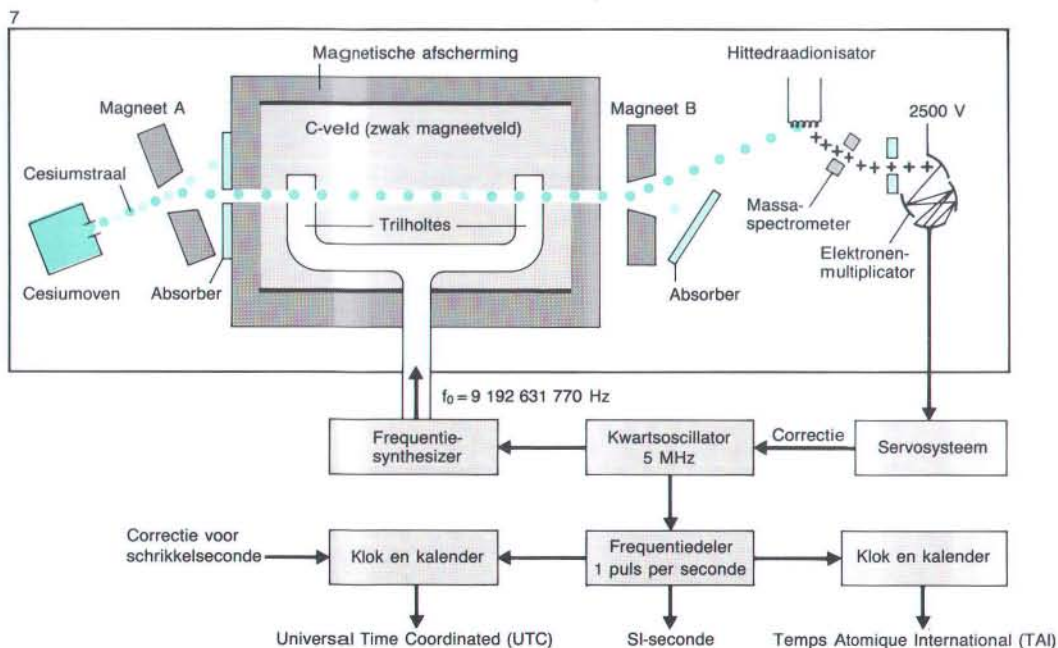
hyperfijn niveaus worden niet verder gebruikt en opgevangen in een poreuze absorptieplaat. De overgebleven atomen doorlopen vervolgens het zwakke magneetveld C en passeren daarin tweemaal een microgolfgedebied waar elektromagnetische straling met een frequentie  $f_0 = 9\,192\,631\,770$  Hz heerst. Dit is precies het frequentieverschil tussen de gedefinieerde overgangen. Zoveel mogelijk atomen moeten hier energie opnemen en in de toestand met hogere energie komen. Ze kunnen echter alleen energie opnemen als ze in de juiste grondtoestand verkeren en de frequentie van de microgolven dus exact overeenkomt met het te overbruggen energieverval. Atomen die geen energie hebben uitgewisseld, worden door een tweede magneet B afgebogen naar een absorber. De cesiumatomen die overblijven in de bundel hebben nu allemaal de juiste energietoestand. Die bundel wordt afgebogen naar een hitte-draadionisator. Er blijven positief geladen cesiumionen over die in een elektrisch veld worden versneld. Via een massaspectrometer die alleen  $^{133}\text{Cs}$ -ionen doorlaat, botst elk ion op

7. In een cesiumklok komen cesiumatomen in trilholtes onder invloed van elektromagnetische energie ( $E = hf_0$ ) met een fre-

quentie die zo goed mogelijk op  $f_0 = 9\,192\,631\,770$  Hz wordt gehouden. Als gevolg van die energietoevoer komen de atomen in

een hogere energetische toestand die wordt gedetecteerd. Als relatief veel cesiumatomen een detector bereiken, is de toege-

voegde frequentie goed. Komen er minder deeltjes bij de detector, dan wordt de frequentie automatisch bijgesteld.



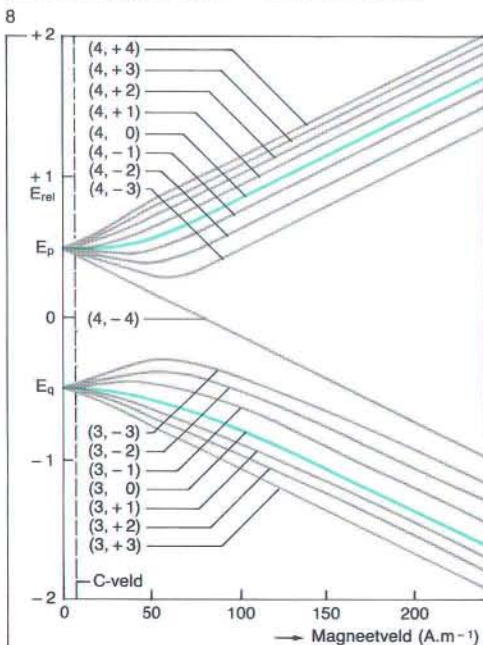


een dynode. Daarbij worden één of meer elektronen vrijgemaakt. Via een elektronenvermenigvuldiger ontstaat hieruit een meetbare stroom, waarvan de sterkte evenredig is met het aantal atomen dat door de microgolven in de juiste aangeslagen energietoestand is gebracht.

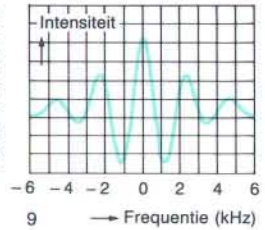
De frequentie van de gedefinieerde overgang in het cesiumatoom wordt dus niet direct uit het atoom 'gewonnen': er is een kwartsoscillator die een standaardfrequentie van 5 000 000 Hz maakt en een frequentiesynthesizer zet die om in de voor de overgang vereiste frequentie van 9 192 631 770 Hz. De cesiumatomen worden onderworpen aan die frequentie. Wanneer die frequentie optimaal is, komen er relatief veel atomen op de detector aan. Bij afwijkingen van  $f_0$  zakt de oogst onmiddellijk (afb. 9) en een servosysteem zorgt er dan voor dat de frequentiesynthesizer een optimaler signaal gaat leveren. Door deling van de kwartsfrequentie wordt een signaal met een periode van 1 seconde verkregen, wat dan een secondsignaal volgens de definitie van het SI is.

8. De Zeemansplitsing van de energieniveaus van  $^{133}\text{Cs}$  als functie van de magnetische veldsterkte in relatieve eenheden. Het

in de klok toegepaste C-veld is een zwak magnetisch veld dat net voldoende opsplitsing tussen de niveaus veroorzaakt.



9. Detail van het frequentiespectrum van de gedefinieerde overgang; de stroom uit de cesiumbuis is weergegeven als functie van de aangeboden microgolffrequentie. De breedte van de resonantie rond  $f_0$  is een maat voor de haalbare nauwkeurigheid.



De kwaliteit van de klok hangt sterk af van de afstand tussen de twee interactiegebieden in het C-veld. Hoe groter die is, des te scherper is de resonantie en des te preciezer is de standaard. De interactie-afstanden variëren van 20 cm tot bijna 4 m en de resonantiebreedtes van 500 Hz tot 26 Hz voor commerciële, respectievelijk laboratoriumstandaarden. De nauwkeurigheid van de atoomklok wordt door verschillende oorzaken, die met het systeem zelf te maken hebben, beperkt tot  $10^{-13}$  à  $10^{-14}$ , wat betekent dat een atoomklok tot op de 10 à 100 femtoseconde nauwkeurig kan meten. Als gevolg van die onnauwkeurigheid zouden we eens in de ongeveer tien miljoen jaar ruzie over een seconde kunnen krijgen.

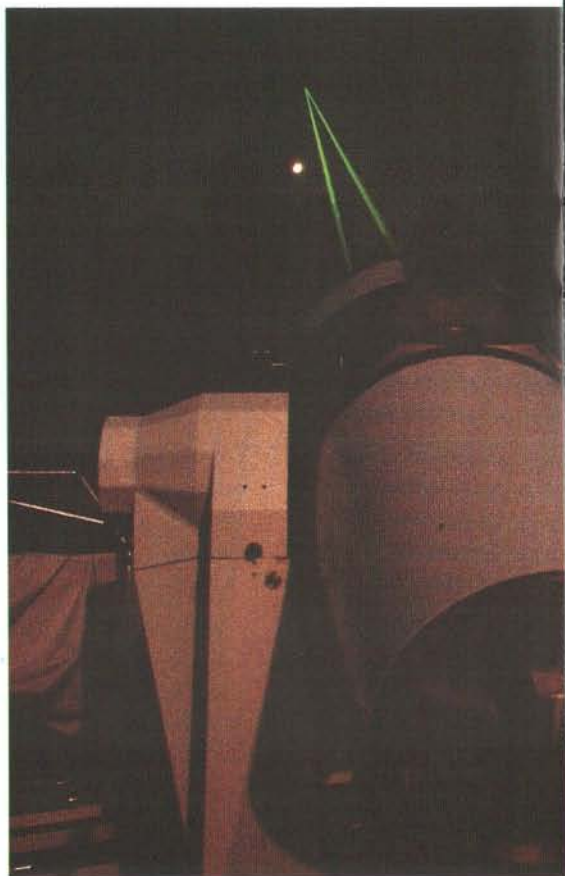
Een mogelijkheid om de nauwkeurigheid verder te verbeteren biedt het gebruik van laserlicht om de atomen optisch vrijwel allemaal in één van de energieniveaus te brengen. Er zijn dan cesiumstandaarden mogelijk waarbij de selectiemagneet A is vervangen door een laser die de cesiumatomen in één hyperfijnniveau brengt. Dan worden de conventionele interactiegebieden doorlopen. De tweede magneet B is ook door een laser vervangen; die maakt optische detectie van de veranderde atomen mogelijk. De nauwkeurigheid verbetert doordat de signaal/ruisverhouding veel groter is. Bovendien verbetert het gedrag van de atomen in de bundel; hun snelheid is bijvoorbeeld uniform, dit geeft een betere shortterm-stabiliteit. Verder treden door de afwezigheid van de sterke selectiemagneten geen storende neveneffecten op en kan het C-veld nu over de gehele lengte homogeen worden aangebracht. De speurtocht naar nog nauwkeuriger atoomklokken is daarmee nog lang niet beëindigd. In het intermezzo wordt nog een andere nieuwe ontwikkeling, die van de *stored ions*, besproken.

## De wereldtijd

Al kunnen we de duur van een seconde nog zo nauwkeurig vaststellen, we moeten ondertussen natuurlijk niet uit het oog verliezen dat de seconde in wezen maar een onderdeel vormt van een historisch tijdrekenstelsel, waarin eeuwenlang de duur van de seconde absoluut niet van belang is geweest. Wat telde waren de dagen, de seizoenen en de jaren. Het moment van de dag was van minder belang. Vaste gebeurtenissen, zoals de mis en kerkdiensten werden met klokgelui aangekondigd.

De tijdrekening is van oudsher gebaseerd op de waarnemingen van hemellichamen. De plaatselijke *schijnbare zonnetijd*, zoals een zonnewijzer die aanwijst, vormde de basis. De tijd las men af uit de schaduwval die verandert doordat de aarde haar dagelijkse baan om de zon draait. De hoek tussen de aardas en het vlak van die baan is een maat die de afwisseling van zomer en winter veroorzaakt. Het hoogste punt dat de zon iedere dag bereikt verandert met de variatie van die hoek; de dagen lengen en korten.

De baan die de aarde om de zon beschrijft is geen cirkel maar een ellips, daardoor wordt in de loop van het jaar het moment waarop de zon iedere dag op zijn hoogst staat, vervroegd of vertraagd in vergelijking met de stand van de aarde ten opzichte van de sterren. Op een uur-



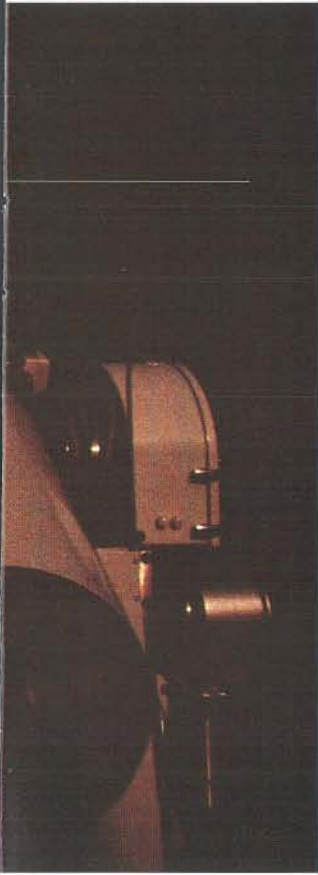
10

## — Stored ions —

De beperkingen van de cesiumstandaard hebben geleid tot toepassing van zogenaamde stored-iontechnieken voor frequentiestandaarden. Hierbij worden zware ionen, bijvoorbeeld  $^{199}\text{Hg}^+$ , door elektromagnetische velden langere tijd in een wolk bijgehouden, vandaar de term *stored ions*. Zo'n wolk heeft diverse voordelen. Zo is het spectrale scheidend vermogen (de breedte van de resonantie) niet beperkt door relatief korte verblijftijden in het microgolfveld, zoals van passerende atomen tussen de beide uiteinden van de microgolfruilholte in de cesiumstandaard. Lijnbreedten van 0,01 Hz zijn waargenomen. Dat is mogelijk doordat vrijwel alle atomen in zo'n wolk dezelfde lage kinetische energie hebben. Hun snelheid nadert tot nul in de wolk, waardoor het Dopplereffect, dat in cesiumklokken

een rol speelt vanwege de bewegende cesiumatomen, vrijwel afwezig is. Om zo'n lijnbreedte van 0,01 Hz in een cesiumklok te realiseren zouden de interactiegebieden in een cesiumbuis 10 km uit elkaar moeten liggen. De langste cesiumbuis is momenteel 4 m. Tenslotte geeft de manier van het bijhouden van de wolk, met elektromagnetische velden, geen verstoringen zoals botsingen met andere atomen of de wanden. Het is natuurlijk niet allemaal rozegeur en maneschijn, er zijn dus ook nadelen. Het grootste nadeel is wel dat wegens ruimteladingseffecten maar maximaal een miljoen ionen op deze wijze bijeen kan worden gehouden. Op dit gebied wordt nog veel onderzoek gedaan. Het lijkt er op dat in de toekomst een standaard met een nauwkeurigheid van  $10^{-15}$  is te realiseren.





11



12

11. In West-Europa zijn op historische plaatsen vaak prachtige zonnewijzers aan te treffen. Deze is te vinden in de Prinsenhof in Groningen. Meestal geven ze niet alleen de zonnetijd aan, maar is ook de maand en tot in zekere benadering de dag afleesbaar.

10 en 12. De Faculteit voor Geodesie van de TU Delft is een 'grootgebruiker' van het tijdsignaal van het Van Swinden Laboratorium. De faculteitsmedewerkers gebruiken een mobiel laserstation dat laserlichtflitsen uitzendt en na reflectie door een satelliet weer opvangt. Hierbij wordt het precieze tijdstip van de uitzending van de flits en de looptijd (= 2x de afstand) vastgelegd. De combinatie met soortgelijke gegevens van andere stations resulteert in een precieze satellietbaan en een onderlinge afstandsbepaling van de stations tot op centimeters.

werk dat voldoende regelmatig loopt kunnen we dan ook aflezen dat in bepaalde perioden van het jaar de zon niet precies om twaalf uur 's middags haar hoogste punt bereikt. De afwijking is maximaal in de orde van een kwartier. Al uit de middeleeuwen zijn tabellen bekend waarop voor iedere dag van het jaar de toe te passen correctie is aangegeven. Door toepassing van deze correctie ontstaat de zogenaamde *lokale middelbare zonnetijd*. Geavanceerde zonnewijzers bezitten een extra schaal om deze tijd af te kunnen lezen.

Rond 1880 spraken de tijdmeters af de aarde langs de meridianen te verdelen in 24 tijdzones. In naast elkaar gelegen zones verschilde voortaan de tijd een heel uur. Men koos de tijd op de nulmeridiaan over Greenwich als oorsprong. Deze tijd wordt de *wereldtijd* UTO (Universal Time) genoemd, en is ook wel be-

kend als *Greenwich Mean Time* (GMT). De landen die zich in het zonesysteem voegden, dienden als hun nationale tijd de tijd te kiezen van de zone waar het land in ligt. Om nog even terug te keren naar de tijdmeting: de definitie van de SI-seconde werd in 1880 ook vastgelegd, als 1/86400 deel van de middelbare zonnedag.

De zonnedag is echter onregelmatig van lengte door onregelmatigheden in de aardrotatiesnelheid, waarvan de regelmaat steeds beter bekend werd. De voor die schommelingen gecorrigeerde UT0 heet UT1. Die tijd is nog steeds in gebruik voor navigatiedoeleinden. Na een verdere correctie voor seizoensafhankelijke invloeden definieerde men de UT2. De zonnedag bleef echter problemen leveren en daarom schakelde men met de definitie van de *Ephemeridentijd* (ET) over op de standaard

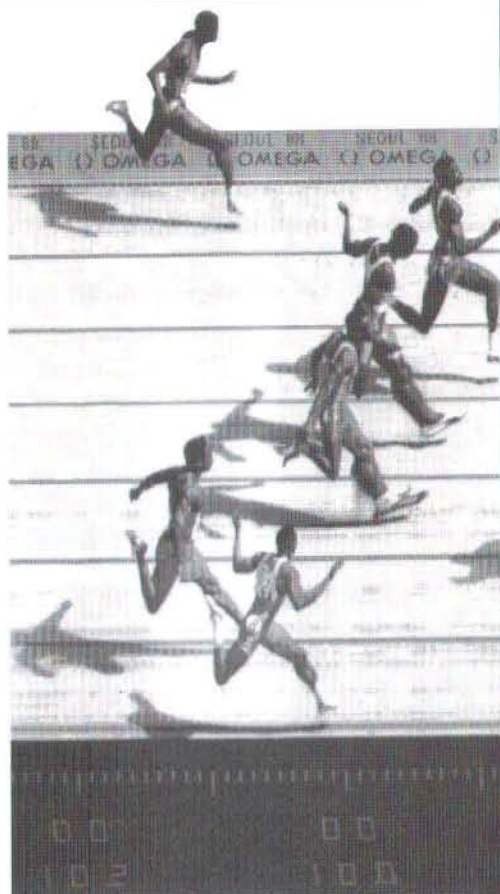
van de beter reproduceerbare jaarlijkse baan van de aarde om de zon. Om dezelfde reden werd in 1956 de SI-seconde opnieuw gedefinieerd als het 1/31 556 925, 9747-ste deel van het tropische jaar 1900.

De koppeling van UT1 aan ET bleek aanvankelijk in de praktijk lastig, maar na de komst van de cesiumstandaarden kon wel de vereiste precieze tijdschaal worden gegene-reerd. Er bestaat nu een internationale atoom-tijdschaal, de *Temps Atomique International* (TAI) die als origine 1 januari 1958 om 0 h 0 min 0 s op de ET-tijdschaal heeft. In de perio-de tussen 1961 en 1972 werd de UT1 voor de dagelijkse tijd benaderd door de *gecoördineerde wereldtijd* UTC. Wegens onregelmatigheid in de UT1 moest enkele malen de lengte van de seconde voor de UTC-tijdschaal opnieuw wor-den vastgelegd in termen van de cesiumatoom-seconde.

In 1967 werd de nieuwste definitie voor de seconde op basis van het  $\text{Cs}^{133}$ -atoom voor het SI ingevoerd, de precieze omschrijving is bij de beschrijving van de cesiumklok al gege-ven. Vanaf 1972 is deze ook voor de UTC-tijd-schaal ingevoerd. De wereldtijd UT1 wordt thans benaderd door de invoeging of weglating van schrikkelseconden zodat het verschil altijd kleiner dan 0,9 s blijft. De mogelijke tijdstip-pen voor het invoeren van schrikkelseconden zijn in volgorde van afnemende prioriteit: de laatste seconde van 31 december, 30 juni, 31 maart of 30 september op de UTC tijdschaal. Voor het laatst gebeurde dit op 1 januari 1988 om 0 h 59 min 60 s onze tijd, dat is de Midden-europese tijd (MET) die gelijk loopt aan de UTC plus één uur. Het verschil tussen TAI en UTC is nu 24 s.

### Klokkijken

In Nederland staan op het Van Swinden Labo-ratorium (VSL) van het Nederlandse Meet-instituut, de voormalige Dienst van het IJk-wezen, in Delft diverse zeer nauwkeurige nati-onale standaarden opgesteld. Hun aanwezig-heid is geen doel op zichzelf. Die nauwkeurig-heid is toegankelijk voor ieder die haar nodig heeft. Er zijn vele gebruikers, zowel in de we-tenschap als in het maatschappelijk verkeer, die hun klok regelmatig gelijkzetten op de klokken van het Van Swinden Laboratorium. Tot de bekende gebruikers behoort het Dr Ne-



13

her Laboratorium van de PTT, die een eigen tijdstandaard met het Van Swinden Labo-ratorium vergelijkt en er de telefoontijd die de PTT via nummer 002 verstrekt mee bijhoudt. Metingen van het Van Swindenlab aan de 002-tijd leerden dat die tot op 0,1 s nauwkeurig wordt doorgegeven. Radio en televisie in Ne-derland betrekken hun tijd van een Duitse zen-der die de tijd uitzendt. Zulke zenders zijn ook vanuit Engeland en Zwitserland in Nederland te ontvangen. De Duitse zender betreft haar signaal van de organisatie die in Duitsland de nationale standaard beheert. Het Van Swinden Laboratorium kan vaststellen dat de zes piep-jes die iedere heel uur op de radio te horen zijn steeds ongeveer 20 ms te laat zijn. Het begin van het zesde piepje geeft overigens het begin van een uur aan. Het tijdsignaal in de tele-tekstpagina's op de Nederlandse televisie wijkt





13. In de sport wordt nauwkeurige tijdmeting steeds belangrijker om de winnaar aan te wijzen en om nog vorderingen van nieuwe generaties sporters te kunnen vastleggen. Wereldrecords op de loopnummers in de atletiek registreert men tegenwoordig in honderdsten van seconden. Nog niet lang geleden lagen de records in tienden van seconden vast. Deze finishfoto is met een speciale techniek gemaakt: de atleten of delen van hen zijn herhaald gefotografeerd nabij het moment waarop ze de finishlijn passeerden. Dat levert een beeld van zeven finishende atleten. In dit geval de mannen die elkaar de medailles van de 100 m op de Olympische Spelen in Seoul betwisten. Zoals u inmiddels weet was de dopingcontrole uiteindelijk belangrijker voor de uitslag dan de tijdmeting.

0,3 s af en wordt gegenereerd door de tekstcomputer. Een belangrijke wetenschappelijke gebruiker is de Faculteit voor Geodesie aan de Technische Universiteit Delft, die een zeer nauwkeurig signaal moet hebben om precieze plaatsbepalingen van satellieten te kunnen uitvoeren. Ook de radiosterrenwacht in Dwingelo, die voor sommige experimenten gekoppeld wordt aan andere grote radiosterrenwachten en dan zogenoemde *Very Long Baseline Interferometry* verzorgt, is een belangrijk gebruiker van het zeer nauwkeurige tijdsignaal.

De gebruikers kunnen hun eigen signaal direct vergelijken met dat van het Van Swinden Laboratorium. Ze kunnen het ook vergelijken met secundaire standaarden in de al genoemde tijdzenders of in satellietzenders, die dan zelf weer gekalibreerd zijn tegen primaire stan-

daarden. Tenslotte is een indirecte vergelijking mogelijk, waarbij zowel de te kalibreren standaard als de primaire standaard op hetzelfde moment worden vergeleken met een derde medium dat zelf niet een hoogwaardige standaard hoeft te zijn. Dat derde medium kan bijvoorbeeld een radio-, televisie- of een satelliet signaal zijn.

Navigatiesatellieten die bruikbaar zijn voor tijd- en frequentiekalibratie zijn: TRANSIT en Navstar GPS. GPS staat hier voor *Global Positioning System*. GPS-satellieten hebben cesiumklokken aan boord die gecorrigeerd zijn naar een  $4,4 \cdot 10^{-10}$  lagere frequentie in verband met de invloed van de algemene relativiteit door het zwaartekrachtsverschil en de invloed van de speciale relativiteit als gevolg van de snelheid van de satelliet. Onzekerheden van slechts 10 ns tot 20 ns voor indirecte tijdvergelijking met het GPS tussen Europa en de Verenigde Staten zijn op het Van Swinden Laboratorium inmiddels dagelijks praktijk geworden. Verder maken deze GPS-satellieten binnen enkele jaren plaatsbepaling waar ook ter wereld mogelijk met een onzekerheid van 30 meter. De navigatiesatellieten hebben ongetwijfeld de toekomst, zowel voor militaire als civiele toepassingen, maar de opbouw van het GPS-netwerk is ernstig vertraagd door de moeilijkheden met het Amerikaanse space-shuttleprogramma.

#### Bronvermelding illustraties

Faculteit voor Geodesie, TU Delft: pag. 994-995, 10, 12  
Verbond van Verzekeraars in Nederland, Den Haag. De gefotografeerde voorwerpen zijn afkomstig uit de collectie van het Goud-, Zilver- en Klokkenmuseum in Schoonhoven: 1  
Tropenmuseum, Amsterdam: 2, 4  
Mary Evans Picture Library, Londen: 3  
Physikalisch-Technisches Bundesanstalt, Braunschweig, BRD: 6  
Derk Jan Tinga, GVN, Groningen: 11  
ANP-foto, Amsterdam: 13  
De overige illustraties zijn afkomstig uit het Van Swinden laboratorium.

#### Literatuur

Flood R en Lóckwood M (ed). Onomkeerbaarheid van de tijd. Amsterdam: Aramith uitgevers; 1988. ISBN 90 6834 044.  
Ernst B. 25 Eeuwen Tijdmeting. Amsterdam: Aramith uitgevers; 1988.

# MESTREDUCTIE

## BIJ PLUIMVEE

Berichten over grondvervuiling, zure regen en verontreiniging van grond- en oppervlaktewater lezen we tegenwoordig dagelijks in de krant, of we zien ze op de televisie. Voor een deel houdt deze aantasting van het milieu verband met de landbouw en met name de veehouderij. Veevoedergrondstoffen worden uit de hele wereld ingevoerd. Bij ons zetten dieren dat voer

### *Het milieu pikt een graantje mee*

om in vlees, zuivelproducten en eieren, die weer voor een groot deel worden uitgevoerd. De mest van die dieren blijft echter hier en vormt inmiddels een probleem. Overheid, bedrijfsleven en agrariërs zoeken samen naar oplossingen. Een betere samenstelling van het veevoer biedt één mogelijkheid de hoeveelheid mest te verminderen.



W.M.M.A. Janssen





Centrum voor Onderzoek en Voorlichting voor de Pluimveehouderij 'Het Spelderholt' Beekbergen.

Het is nog niet eens zo lang geleden, dat mest een zeer gewaardeerd bijprodukt van de veehouderij was. De mest leverde voedingsstoffen voor een goede groei van het gewas op het veld. Daarnaast werden vele mestsoorten gewaardeerd vanwege hun gunstige effect op de structuur van de bodem. Kunstmest maakte de landbouwer echter veel minder afhankelijk van de dierlijke mest. Door het ontstaan van lokale overschotten veranderde het imago van mest als een gewaardeerd bijprodukt en kreeg het naam als een milieu-onvriendelijk afvalprodukt. De slechte naam werd nog verstevigd doordat na de Tweede Wereldoorlog de veestapel voortdurend groeide.

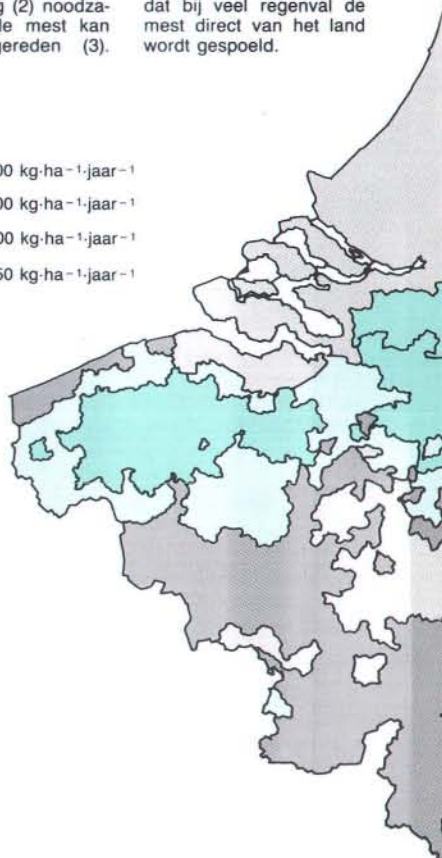
De groei van de veestapel was mogelijk door mechanisering en automatisering in de veehouderij. Daarbij verdween het traditionele gemengd bedrijf waarop de geproduceerde mest weer op de akkers kon worden gebruikt om gewassen te laten groeien, die dan weer gedeeltelijk als veevoer bruikbaar waren. Er ontstonden gespecialiseerde bedrijven, waar vaak maar één diersoort werd gehouden. De gunstige ligging ten opzichte van West-Nederland en het Ruhrgebied vormde een hechte basis voor de groei van productie en export. Er zijn historische redenen voor de concentratie van de intensieve veehouderij in enkele gebieden met vrij schrale landbouwgronden in Nederland en België (afb. 5). Vooral daar is mest steeds meer een bedreiging voor het milieu.



2

1, 2, 3 en 4. Kippemest draagt bij aan het mestoverschot in gebieden met intensieve veehouderij waar veel leg- en slachtbedrijven zijn gevestigd. Behalve een kortstondige opslag bij de kippen-schuur is soms nog langdurige opslag (2) noodzakelijk voor de mest kan worden uitgereden (3).

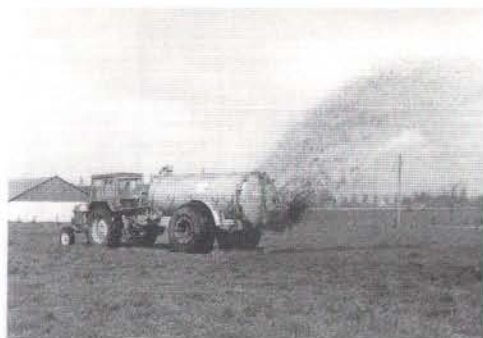
Een nog gedeeltelijk experimentele methode van bemesting is mestinjectie, waarbij het land eerst wordt opengesneden en de mest rechtstreeks in de grond wordt gespoten. Deze methode veroorzaakt minder stank en voorkomt dat bij veel regenval de mest direct van het land wordt gespoeld.



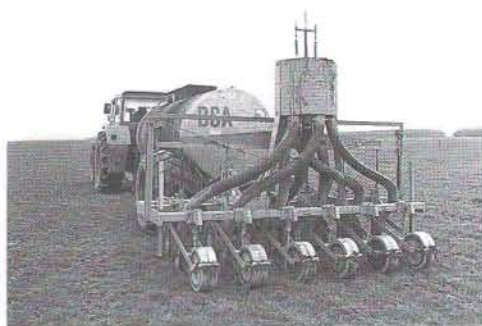
1







3



4

### Zure regen

In Nederland komt per jaar 150 000 ton ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) in de lucht, waarvan 85% het gevolg is van landbouwactiviteiten. De  $\text{NH}_3$ -emissie draagt voor 35% bij aan de zure regen in Nederland. In verschillende bosrijke gebieden bestaat er een duidelijk en negatief verband tussen de gezondheidstoestand van de bossen en de hoeveelheid dierlijke mest, die in de directe omgeving wordt geproduceerd. Uit onderzoek blijkt dat voor een gezond bos de N-belasting de grens van 80 kg per hectare per jaar niet mag overschrijden. In sommige streken is deze belasting echter opgelopen tot meer dan 1000 kg per jaar.

Het wordt steeds duidelijker, dat er terwille van het instandhouden van een voor mens, dier en plant gezond milieu een aantal verstrekkende maatregelen moet worden genomen. Dit geldt niet alleen voor de concentratiegebieden in Nederland, maar ook voor noordelijk België en voor gebieden in andere landen waar zich concentraties van vergelijkbare omvang voordoen. In Nederland is het streven erop gericht de  $\text{NH}_3$ -uitstoot in 1995 met 50% terug te dringen ten opzichte van de situatie in 1986. Om het gestelde doel te bereiken is een aantal maatregelen vastgelegd in de mestwetgeving die sinds 1987 voor een deel van kracht is geworden. De hoeveelheid mest die per jaar op het land mag worden uitgereden is inmiddels streng gelimiteerd. Om een aantal hier niet te omschrijven redenen wordt niet de hoeveelheid stikstof, maar het fosfaatgehalte in de mest als norm gebruikt om de maximaal toegestane mestgift vast te stellen. De toegestane hoeveelheden zijn overigens afhankelijk van



5. De concentratiegebieden van intensieve veehouderij zijn op de kaart van Nederland in kleur aangegeven. Voor België is de stikstofproductie door de veestapel in kilogram per hectare per jaar in vier gradaties weergegeven. Vergelijking is mogelijk door de in België met kleur aangegeven gebieden ook als concentratiegebied te beschouwen.

het gebruik van de grond. Voor grasland, snijmaaisland en bouwland gelden verschillende normen (tabel 1).

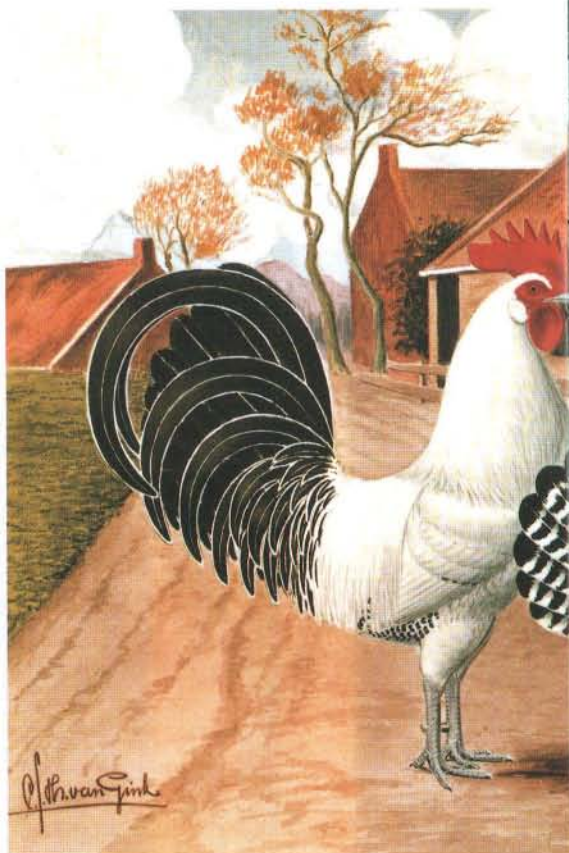
Een andere maatregel is de mestheffing die veehouders moeten betalen als ze op hun bedrijf meer mest produceren dan ze op hun eigen land mogen uitrijden. Met name in de pluimveehouderij komt deze heffing hard aan. Kenmerkend voor de moderne pluimveehouderij is namelijk dat ze niet grondgebonden is, waardoor het mogelijk is grote aantallen dieren te huisvesten op een beperkt grondoppervlak. In overheidsmaatregelen is ook vastgelegd dat een bedrijf zijn mestproduktie in de toekomst niet mag vergroten, waarmee uitbreiding van de veestapel wordt voorkomen.

Tenslotte probeert de overheid te voorkomen dat de nitraten uit de mest rechtstreeks in het grondwater terechtkomen, zonder eerst werkelijk een functie als mest te hebben. Wanneer namelijk te hoge concentraties mest op het land komen, kunnen de planten en micro-organismen het aanbod niet verwerken en spoelen de mineralen met het regenwater direct de sloot in, of zakken naar de ondergrond. Om deze vorm van overbesteding te voorkomen zijn er uitrijbepalingen vastgesteld, waarin staat in welke perioden de mest niet op het land mag worden gebracht. De naleving van de maatregelen in de mestwetgeving gebeurt door controle van de mestboekhouding die iedere veehouder verplicht is te voeren. Uit de heffingsgelden wordt onder andere onderzoek gefinancierd naar de mogelijkheden om de mestoverschotten terug te dringen. Overheid en bedrijfsleven hebben in nauwe samenwerking een onderzoekprogramma gestart, waarin de volgende prioriteiten centraal staan:

- Onderzoek naar de technische en economische mogelijkheden om de mestafzet te vergroten naar gebieden met mesttekorten. Dit betreft onderzoek naar opslag, transport, distributie en de mogelijkheden voor verwerking van de mest tot materiaal dat bijvoorbeeld droog is en minder volume inneemt.

- Onderzoek naar de mogelijkheden om de huisvesting van vee aan te passen om de schadelijkheid van de mest te beperken en de hoeveelheid mest terug te dringen.

- Intensivering van het onderzoek naar de mogelijkheden om de dieren hun voer beter te laten benutten. Om de schadelijkheid van mest terug te dringen zou dan vooral naar eiwit en



6

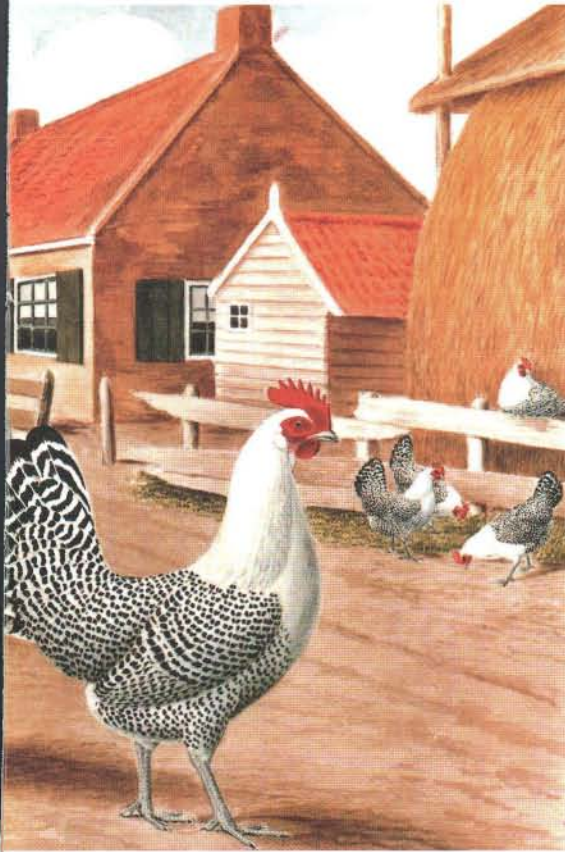
naar fosfor en enkele andere mineralen moeten worden gekeken. Deze sanering bij de bron heeft direct veel aandacht gekregen. Immers elke kilo eiwit die het dier te veel eet, komt weer in een of andere vorm van stikstof in de mest terecht en draagt daar bij aan het milieu-probleem.

In de rest van dit artikel zal ik vooral het onderzoek naar een betere benutting van het eiwit in het voer beschrijven. Daartoe zal ik de vertering en benutting van het voeder door de legkip analyseren en aangeven langs welke wegen het mestprobleem zou kunnen worden aangepakt.

### De legkip

Dank zij een gezamenlijke inspanning van genetici, fysiologen, voedings- en huisvestingsdeskundigen en niet te vergeten dank zij de



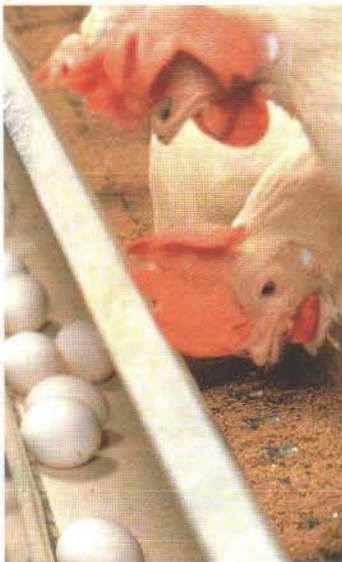


vakkennis van de hedendaagse pluimveehouder, is de legkip veranderd van een gezapig, rondom de boerderij scharrelend kippetje, dat zo nu en dan ook nog een eitje legt, in een perfect functionerend legdier. Verwacht wordt dat de ontwikkelingen verder gaan, waarbij meer en meer rekening zal worden gehouden met het welzijn der dieren.

De genetici op de fokbedrijven selecteerden de dieren op produktiviteit en bereikten verder dat ze wat kleiner van postuur werden, waardoor ze thans minder voeder voor hun onderhoud nodig hebben dan vroeger het geval was. Uiteindelijk kwam de moderne leghen uit het ei, die nog maar 1600 tot 1800 gram weegt en in ongeveer 15 maanden 330 of meer eieren produceert, met een gezamenlijk gewicht van meer dan 20 kilogram. In deze korte tijdsspanne produceert de hen dus het twaalfvoudige van haar lichaamsgewicht aan eieren.

De laatste jaren tekent zich daarnaast een opvallende verbetering af in de efficiëntie waarmee het voeder wordt omgezet in eieren. In de praktijk hanteert men als maatstaf voor de efficiëntie van het voerverbruik de voederconversie. Die geeft aan hoeveel kilo voeder het dier nodig heeft voor de produktie van 1 kg eieren. Nog niet zo lang geleden was dat 3 kg voer, nu lijkt het er op dat de grens van 2 kg voeder blijvend in benedenwaartse richting

7



TABEL 1 Maximale toegestane fosfaatbelasting per jaar

Periode	Grasland (kg-ha <sup>-1</sup> )	Snijmaïsland (kg-ha <sup>-1</sup> )	Bouwland (kg-ha <sup>-1</sup> )
1987 - 1991	250	350	125
1991 - 1995	200	250	125
Vanaf 1995	ca 175	ca 175	125
Vanaf ca 2000	Eindnorm	Eindnorm	Eindnorm

6 en 7. Prachtige oude kipperassen, zoals de Friese zilverpel (6), sieren menige boerderij. Ze zijn door hun geringe produktiecapaciteit niet geschikt als legdier. Hun voederconversie is niet zo gunstig, mede doordat ze zwaarder gebouwd zijn. Bovendien zijn ze regelmatig perioden van de leg af.

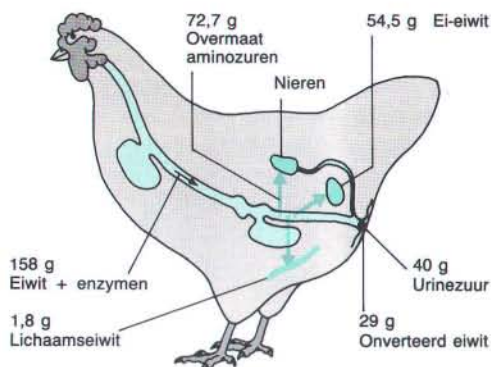
De rassen waar de leghennen (7) toe behoren zijn veel lichter gebouwd. De moderne legrassen zijn door selectie in staat om in hun vrij korte leven een enorme eierproduktie te behalen: in 15 maanden het twaalfvoudige van hun eigen lichaamsgewicht.

8. Eet een leggen een kilo voer met een samenstelling als in tabel 2, dan eet het dier 158 g eiwit. Tweederde deel daarvan wordt niet verteerd of bestaat uit overtollige aminozuren en komt in de mest terecht.

9. Leghennen zijn met tienduizenden in schuren gehuisvest. De kippen zitten met 4 of 5 dieren te zamen in een gazen kooi. Het voer komt op een lopende band langs; de eieren rollen in een verzamelgoot.

TABEL 2 Samenstelling van een legvoeder

Bestanddeel	Gehalte (%)
Mais	35,0
Maisglutenvoermeel	6,6
Sojaschroot	11,3
Zonnebloempitschroot	5,0
Tapioca	17,8
Luzernemeel	2,6
Rietmelasse	3,0
Verenmeel	0,8
Diermeel	5,0
Dierlijk vet	4,0
Krijt	7,16
Zout	0,24
Vitaminen en mineralen	1,5
100	



## 1 kg Voer

158 g	Eiwit
68 g	Vet
433 g	Suiker en zetmeel
145 g	Koolhydratenrest
120 g	As (mineralen)

924 g Droge stof

8

## 1,5 kg Natte mest

75 g	As (mineralen)
145 g	Onverteerde koolhydratenrest
14 g	Onverteerd vet
29 g	Onverteerd eiwit
40 g	Urinezuur

303 g Droge stof

doorbroken gaat worden. Dit is niet alleen een fokresultaat, maar ook het gevolg van de aanpassingen in de klimatologische omstandigheden waaronder de dieren zijn gehuisvest. De moderne pluimveehouder streeft ernaar de temperatuur in zijn legstallen, zomer en winter, dag en nacht, constant op 22 à 23°C te handhaven.

## Van voer tot ei

Diervoeders moeten zeer uitgebalanceerd van samenstelling zijn. Het bereiden van voeders voor verschillende dieren met verschillende produktiedoelen gebeurt door de mengvoederindustrie. Leghenvoeder moet bijvoorbeeld energie bevatten in de vorm van zetmeel en vet, maar daarnaast ook mineralen als bijvoorbeeld calcium, fosfor, magnesium en mangaan. Verder moeten er vitamines inzitten die het dier niet zelf kan maken, als vitamine A, D, K en het B-complex. Belangrijk zijn uiteraard ook de aminozuren die het dier nodig heeft voor de eiwitopbouw. Eiwitten bestaan immers uit lange ketens aan elkaar gekoppelde aminozuren. Aminozuren bevatten naast koolstof en waterstof soms zwavel en zuurstof, maar altijd ook stikstof, en daarin ligt de bron van de mestproblematiek.

In het maagdarmkanaal worden eiwitten in het algemeen afgebroken tot losse aminozuren die de darmwand kunnen passeren en in de bloedbaan terechtkomen. Organismen kunnen de meeste aminozuren ook zelf maken in hun stofwisselingsproces. Er is echter altijd een aantal dat met de voeding moet worden opgenomen; dat zijn de zogenaamde *essentiële aminozuren*. Een ingewikkeld dier als een kip synthetiseert duizenden verschillende soorten eiwitten, ieder met een unieke aminozuursamenstelling. Bij de eiwitvorming worden de aminozuren aan elkaar gekoppeld in een volgorde, die kenmerkend is voor het eiwit en bepalend is voor de structurele eigenschappen, de voedingswaarde en/of functie ervan. Eiwitten zijn in gebruik als bouwstof, als enzym en als voedingsstof. Bij leghennen is de eerste functie belangrijk omdat hun eieren ook echt voor een flink deel uit eiwit bestaan.

De voedingswaarde van een eiwit wordt primair bepaald door de aminozuursamenstelling van het eiwit in de voedergrondstof, in relatie tot de aminozuurbehoefte van het dier. Nu blijkt dat noch maïs, noch sojaschroot, beide bestanddelen van het menu van de kip, qua aminozuursamenstelling acceptabele aansluiting vinden bij de behoefte van het dier. Er zijn zelfs grondstoffen, waarin één van de es-



sentiële aminozuren volledig ontbreekt. De mengvoederindustrie lost het probleem op door de grondstoffen zodanig te combineren, dat in het mengvoer het gehalte aan alle essentiële aminozuren tenminste gelijk is aan de behoefte van de dieren. Een complicerende factor is hierbij dat de aminozurenbehoefte niet voor alle groepen pluimvee gelijk is, maar sterk afhangt van de leeftijd van de dieren en van de produktierichting (eieren, vlees). Voor het opsporen van de juiste combinatie van grondstoffen tegen de laagste kostprijs wordt in de mengvoederindustrie gebruik gemaakt van geavanceerde rekentechnieken.

### En wat er overschiet

De kip is niet in staat alle eiwit te verteren; een gedeelte verlaat het lichaam onverteerd in de mest. De verteerbaarheid van het eiwit in verschillende veevoedergrondstoffen loopt sterk

uiteen. Zo wordt 95% van het eiwit uit magere melkpoeder door de kip opgenomen, maar slechts 34% van het eiwit uit melasse passeert in verteerde toestand de darmwand. De verteerbaarheid van het eiwit uit sojaschroot (87%), maïs (84%) en tarwekiemzemelen (58%) ligt tussen die twee uiterste waarden van melkpoeder en melasse in.

Veel onderzoekinspanning is er momenteel op gericht om de behoefte aan de aparte aminozuren van de leggen te leren kennen. Met deze kennis, in combinatie met de aminozuursamenstelling van de diverse grondstoffen, kon men bekijken welk mengvoeder in zijn aminozuursamenstelling het best aansluit bij de behoefte van de kip. Het bleek dat een qua voedingsstoffen uitgebalanceerde mengvoeder als in tabel 2 is weergegeven, toch nog maar een matig aminozuurpatroon heeft. Om ook de behoefte van de kip aan het in het voer minst voorkomende aminozuur te dekken, is

9





een behoorlijke 'overdosis', tot 63%, van andere aminozuren nodig (afb. 11).

Voor de mestproblematiek is het belangrijk te weten dat de kip de overmaat aan aminozuren voor haar energievoorziening gebruikt. Het dier 'verbrandt' de aminozuren fysiologisch gezien, waarbij als verbrandingsslak het stikstofhoudende urinezuur achterblijft, dat via de nieren het lichaam in de urine verlaat. De kip scheidt overigens urine en mest gelijktijdig uit.

Bekijken we die overvoeding met eiwitten in het licht van de totale mestproductie door pluimvee in Nederland (tabel 3), dan zien we dat een uitgebalanceerde eiwitvoeding op den duur enkele duizenden tonnen minder stikstof in de mest zal opleveren. In de pluimveehouderij wordt uit ruim 2,6 miljoen ton mengvoeder 46 000 ton stikstof in de mest vastgelegd. De omvang van de mest- en voederproblematiek, en de noodzaak aan de voeding te sleutelen, worden eerst goed duidelijk bij het beseft dat in



10

TABEL 3 Voederverbruik en mestproductie van Nederlands pluimvee

	Aantal dieren (x1000)	Voeder-verbruik (ton)	Uitscheiding (ton)						
			Mest		N	P	K	Na	Cl
			Vers	Droge stof					
Slachtkuikens	350 000	1 089 000	1 508 000	302 000	20 560	5500	9250	1350	2940
Leghennen	34 200	1 490 000	2 260 000	451 000	24 530	8195	9330	2325	3755
Slachtkalkoenen	2000	43 000	65 000	94 000	960	205	330	45	95

1985/1986 voor de gehele runder-, varkens- en pluimveehouderij 17 miljoen ton mengvoeders werd geproduceerd.

### Excretievermindering

Uit de vorige paragrafen zal duidelijk zijn geworden dat via het voedsel de mestproblematiek op twee manieren kan worden aangepakt. Ten eerste zou men kunnen proberen de hoeveelheid onverteerd eiwit te verminderen door een gerichte keuze van de grondstoffen voor het mengvoeder. Daarnaast zou men moeten

proberen de aminozuursamenstelling van het eiwit in het voer zo te veranderen dat de behoefte van de kip er precies mee wordt gedekt. Daarmee is het mogelijk de totale hoeveelheid eiwit in het voer, en daarmee de hoeveelheid stikstof in de mest, te verminderen.

Het zal ook duidelijk zijn dat beide maatregelen niet apart van elkaar genomen kunnen worden. Wie een mengvoeder van samenstelling verandert om de verteerbaarheid te verbeteren kan onmogelijk tegelijkertijd de aminozuursamenstelling constant houden. We verwachten dat er in een niet al te verre toekomst



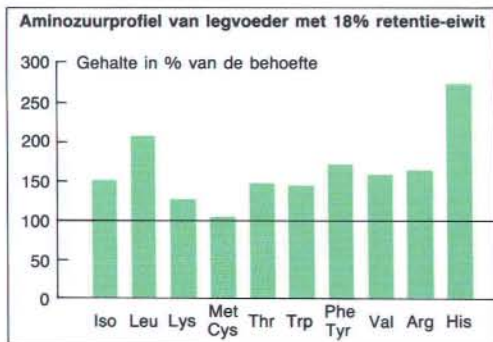


10. Het eieren rapen staat aan het begin van een grote eierverwerkingsindustrie in Nederland.

11. Het legvoeder van een samenstelling als in tabel 2 past qua aminozuursamenstelling niet goed bij de behoeften van de leggen. Er is eiwitoverschot nodig om aan de minimumbehoefte van de aminozuren lysine, methionine en cystine te voldoen.

12 en 13. De mengvoederindustrie importeert de meeste van haar grondstoffen. Van de producten, vlees, melk en eieren wordt veel weer uitgevoerd. De mest blijft echter hier.

11



12



belangrijke verschuivingen kunnen plaatsvinden in de richting van een nog optimaler voer. Het mengvoer waarvan de samenstelling in tabel 2 staat, had bijvoorbeeld een eiwitverteerbaarheid van 81,4%. Het lijkt mogelijk de verteerbaarheid te verhogen tot 90%, waardoor het aantal gram eiwit in een kilo mest halveert van 28 tot 14 gram. Men volstaat bij zo'n voer met 143 gram eiwit per kilo, in plaats van de in het eerdere mengsel gebruikelijke 158 gram per kilo voer.

De mogelijkheden om het aminozurenprofiel van kip en voer beter op elkaar af te stemmen via de conventionele voedersamenstellingen is, binnen de economische haalbaarheid, vrij beperkt. Aanvulling met synthetische aminozuren biedt echter nieuwe mogelijkheden. Wanneer we nog eens het voedermengsel nemen waarvan het aminozuurpatroon in afbeelding 11 staat en daarin de totale hoeveelheid eiwit verminderen, dan is het mogelijk de aminozuren die de kip dan tekort komt aan te vullen met losse, niet in een eiwit gebonden synthetische aminozuren. Zo kan aanvulling met synthetische aminozuren plaatsvinden, tot het teveel aan eiwit is teruggebracht tot 26% (afb. 14), of zelfs tot 12% (afb. 15). In dat laatste geval moet de veevoederfabrikant echter al zeven aminozuren bijmengen en dat ligt momenteel bedrijfseconomisch gezien nog niet binnen de mogelijkheden. De synthetische aminozuren methionine en lysine worden door de biotechnologische industrie al tegen concurrerende prijzen bereid, terwijl verwacht wordt, dat dit in de nabije toekomst ook het geval zal zijn voor de eveneens belangrijke aminozuren tryptofaan en threonine.

13



14 en 15. Door toevoegingen van synthetische aminozuren zijn voeders te maken met een lager eiwitoverschot. De noodzakelijke hoeveelheden synthetische aminozuren zijn in grijs weergegeven. De behoefte van de kip is steeds op 100% gesteld.

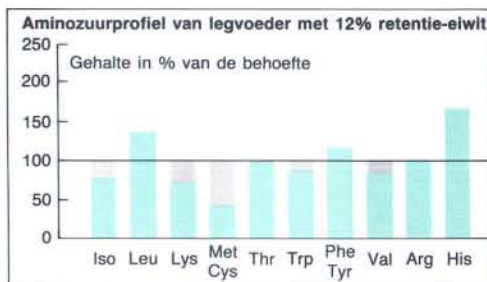
16. In Nederland leggen hennen jaarlijks 10 miljard eieren. Gedeeltelijk verwerkt tot producten worden er daarvan 7,3 miljard uitgevoerd.

TABEL 4 Mestproductie als gevolg van huidig en 'toekomstig' voeder

	Excretie (g) per kg voer	
	Voorbeeldvoeder (tabel 2)	Toekomstig voeder
Onverteerd eiwit	28	12,5
Urinezuur	40	31,5
Onverteerd vet	14	10
Koolhydraten	145	10
As	75	75
Totaal droge stof	302	209
Verse mest	1510	1045



14



15

Een leghenvoeder met verbeterde eiwitvertering en toegevoegde synthetische aminozuren hoeft naar verwachting nog maar 125 g eiwit per kg voer te bevatten. Na het eten van 1 kg van dit voer, scheidt het dier nog maar 9 g stikstof in de urine uit, terwijl dat bij het voorbeeldvoer uit tabel 2 nog 11,6 g was.

Tot nu toe heb ik in dit artikel alleen de invloed van het voedsleiwit op de mestproblematiek behandeld. Dat is niet voor niets. Vet speelt in de geschetste mestproblematiek slechts een rol van ondergeschikte betekenis. Een verhoging van de vetverteerbaarheid van 80% naar 85% van het vet in het voorbeeldvoer van tabel 2, heeft tot gevolg dat de droge-stof-excretie per kg voeder met 3 à 4 gram afneemt.

Buiten zetmeel en suiker zijn koolhydraten voor pluimvee praktisch onverteerbaar. Het belangrijkste bestanddeel van die onverteerbare koolhydraten zijn de celwanden van de plantaardige bestanddelen in het voer. De zogenaamde restkoolhydraten nemen in de droge stof van de mest een zeer belangrijke plaats in; ze vormen ongeveer de helft van het totale gewicht aan droge stof. Pluimvee en varkens beschikken niet over de enzymen om deze com-

16





ponent te verteren. In de toekomst zal het ongetwijfeld mogelijk zijn om enzymen aan het voeder toe te voegen, die de restkoolhydraten afbreken tot een niveau waarop het dier de vertering met eigen enzymen kan overnemen. Voor industrie en overheid is het momenteel een uitdaging met biotechnologische technieken de enzymen te produceren, die het mogelijk maken deze potentiële voedingsbronnen te ontsluiten. Op welke termijn een en ander in het stadium van de praktische toepassing zal komen is nog niet met enige zekerheid te voorstellen.

Gebruiken we alle hier besproken, maar nog niet allemaal gerealiseerde mogelijkheden om een leghenvoer voor de toekomst samen te stellen, dan krijgen we waarschijnlijk een voer dat een aanzienlijk lagere mestexcretie per kilogram voer oplevert dan het ook al vrij moderne voorbeeldvoer uit tabel 2, dat in dit artikel steeds onze referentie is geweest. Naast een aanzienlijke vermindering van 32% van de N-excretie (tabel 4) lijken er dus ook mogelijkheden tot een wezenlijke vermindering (30-31%)

van de hoeveelheid mest te bestaan. We zien dat eigenlijk alleen het mineralengehalte gelijk blijft en daar is naar verwachting aan de voedingkant ook weinig aan te doen. Wel ziet het er naar uit dat de emissie van zware metalen kan worden teruggedrongen.

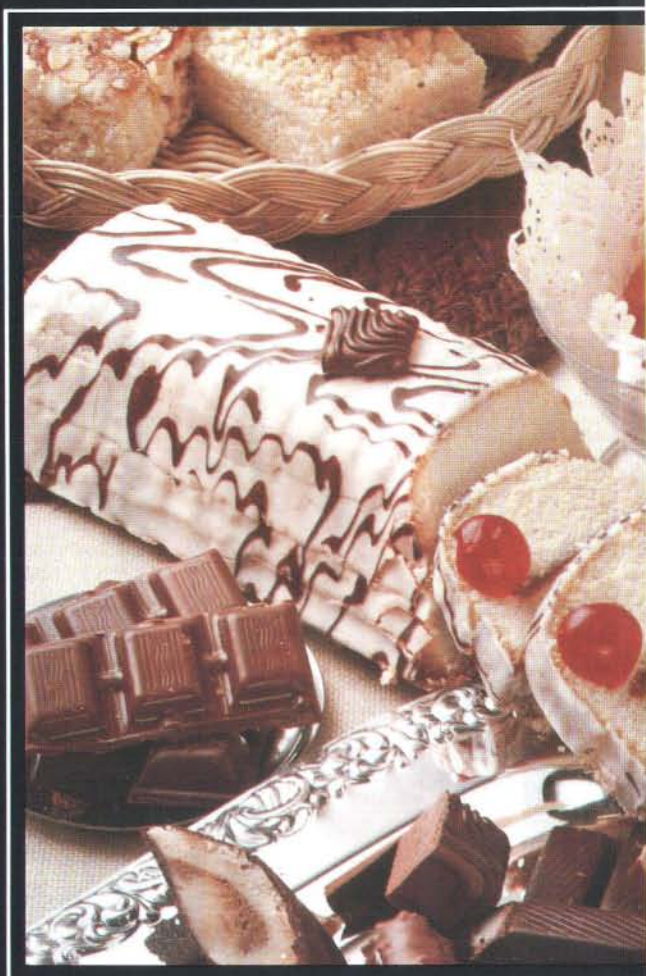
Een omvangrijke vermindering van de mestproductie kan tot gevolg hebben dat het transport van de mest naar gebieden waar tekorten aan mest zijn, eerder een financieel haalbare mogelijkheid is om tot een oplossing van de milieuproblemen te komen. Om de mogelijkheden van de mestreductie door aanpassing van de diervoeders ten volle te kunnen benutten, zullen we nog meer moeten weten over de voedersamenstelling, de verteerbaarheid van verschillende grondstoffen door verschillende diersoorten en over de behoefte van dieren aan bepaalde nutriënten voor de prestaties die ze leveren. De realisatie van de mogelijkheden zal mede afhangen van de prijzen van de veevoedergrondstoffen en met name van de prijzen waartegen synthetisch bereide aminozuren beschikbaar zullen komen.



#### Bronvermelding illustraties

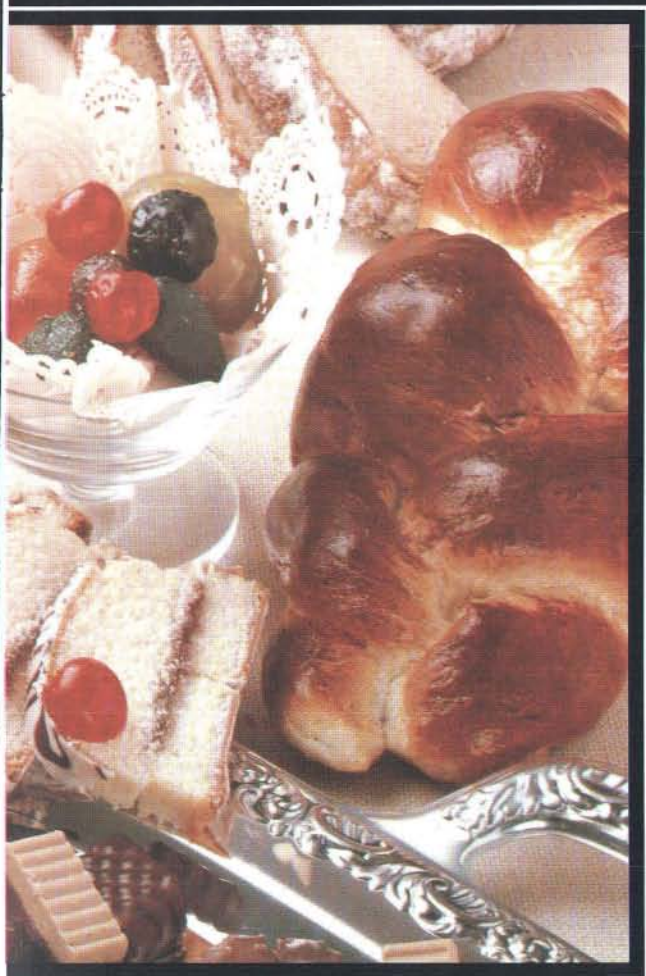
F.J. Lem, fotograaf, Hollandse Rading: pag. 1006-1007, 10, 16  
 Instituut voor Mechanisatie, Arbeid en Gebouwen (IMAG),  
 ing W. Kroodsma, Wageningen: 1, 2, 3, 4, 9  
 De overige illustraties komen van het Spelderholt, Beekbergen

**EURO**  
ARTIKEL





# Waarom suiker zoet is



Wanneer we suiker op onze tong leggen, zeggen we dat dat zoet smaakt. Nog veel zoeter dan suiker is de stof aspartaam, een verbinding van twee aminozuren. Chemisch totaal verschillende stoffen wekken blijkbaar dezelfde smaaksensatie op. Hoe komt het dat een stof zoet smaakt en is op grond van de chemische structuur te voorspellen of dit het geval zal zijn? De laatste jaren neemt men aan dat dat laatste inderdaad mogelijk is. Alle zoete stoffen zouden dan een gemeenschappelijk structuurkenmerk moeten bevatten, dat een rol speelt bij de binding van een zoete stof aan zintuigcellen op de tong

**Gordon G. Birch**

*Carbohydrate/Sweetener Working Group  
University of Reading  
Engeland*

Zoet is een elementaire smaakgevoelingswaarde, die de meeste mensen prettig en aantrekkelijk vinden. Het genot ervan lijkt aangeboren te zijn; onmiddellijk na de geboorte kunnen baby's een zoete smaak herkennen en, afgaand op hun gezichtsuitdrukking, ook zout, zuur of bitter onderscheiden. Het smaakzintuig is één van de zintuigen die op chemische prikkels reageren (*chemoreceptoren*). De zintuigcellen op de tongpapillen bevatten receptormolekulen die stoffen kunnen binden. Komt zo'n binding tot stand, dan geeft de cel een signaal aan de hersenen, waar de uiteindelijke smaaksensatie tot stand komt.

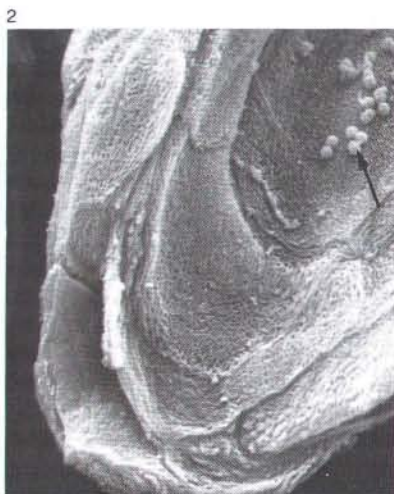
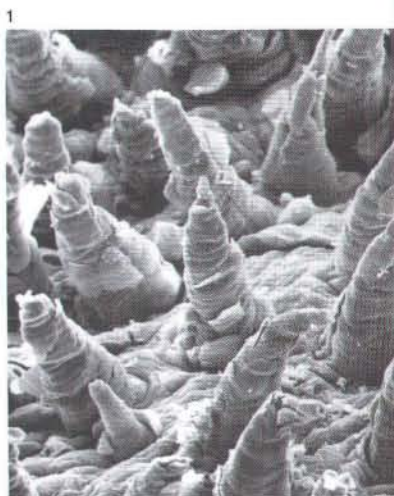
Veel verschillende stoffen blijken zoet te zijn, ook stoffen die niet tot de suikers behoren. Opvallend is dat daar veel cyclische verbindingen bij zijn. Suikermolekulen komen in de natuur vaak als ringvormig molecuul voor, terwijl bijvoorbeeld stoffen met een benzeenring ook vaak zoet smaken. Het is intrigerend dat de Griek Theophrastus al rond 350 v. Chr. meende dat zoetheid samenhangt met 'ronde atomaire vormen'. In dit artikel zullen we van deze opvatting echter weinig heel laten.

Suikers vormen een bestanddeel van ons voedsel en hebben ook een zekere voedingswaarde; de meeste andere typen zoetstoffen mogen niet in voedingsmiddelen worden gebruikt. De zoetheid van een stof kan niet in absolute zin worden vastgesteld. Bepaling van de relatieve zoetheid van een stof gebeurt door proefpanelen, die vaststellen hoeveel zoeter of minder zoet een stof is ten opzichte van oplossingen van 0,1 tot 1 M sacharose. De deelnemers aan zo'n proefpaneel nemen een slokje van de oplossing, spugen dat even later weer uit en noteren hun bevindingen: zoeter of minder zoet dan een eerder geproefde sacharoseoplossing. Sommige zoetstoffen kunnen op molaire basis wel 100 000 maal zo zoet zijn als sacharose, zodat daarvan zeer sterk verdunde oplossingen gemaakt moeten worden.

Echt objectief is deze paneelmethode niet. De resultaten verschillen nogal eens van die van andere methoden, zoals bijvoorbeeld de tongkamermethode, waarbij de proefpersoon zijn tong in een compartiment steekt waardoorheen een te testen oplossing stroomt. Deze geeft meestal afwijkende resultaten. Bovendien kan de smaakgevoeligheid van mensen verschillen en is ze vaak verminderd, bijvoorbeeld bij een verkoudheid.

1. Het tongoppervlak is bezet met een groot aantal kegelvormige papillen die voornamelijk met epitheelweefsel bedekt zijn. Door het contact met het voedsel schilferen de bovenste cellen van de papillen voortdurend af.

2. De top van een papil blijkt zeer kleine plooien te bevatten. De kleine bolletjes bovenaan de foto zijn bacteriën die tot de normale bewoners van de mondholte behoren.



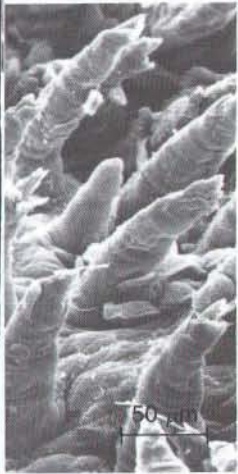


## Chemie van de zoete smaak

Wanneer we de structuur van zoete stoffen nader willen bekijken, dan stuiten we op de complexe isomerie van suikermolekulen. Veel suikers smaken bijvoorbeeld niet of nauwelijks zoet, terwijl veel suikerderivaten zeer zoet zijn. Dit geldt vooral voor bepaalde chloorderivaten en glycosiden, dat zijn monosachariden gebonden aan een alcohol. Binding van chloor aan bijvoorbeeld sacharose wil nog niet zeggen dat automatisch een zoet produkt ontstaat. Er zijn meer dan 250 chloorderivaten van sacharose bekend, waarvan van slechts enkele is aangetoond dat ze zoet smaken.

Slechts door een nauwkeurige vergelijking van de grootte, structuur en ruimtelijke vorm van de molekulen is het mogelijk een structuurkenmerk te vinden dat de zoete smaak bepaalt. Dit is een zeer omvangrijk karwei, gelet op het enorme scala vaak totaal verschillende stoffen dat men dan moet bekijken (zie tabel). Een complicerende factor is dat niet bekend is hoe zoete stoffen zich aan de receptormolekulen op de tongpapillen binden. Deze receptoren zijn nooit geïsoleerd en gezuiverd; hun structuur is dus onbekend.

Van de vele theorieën om te verklaren hoe het komt dat een stof zoet smaakt, heeft die van Shallenberger en Acree de meeste aan-



TABEL 'Zoet' in verschillende groepen chemische verbindingen

Verbindingen	Relatieve zoetheid (sacharose = 1,0)	Andere smaken
Deoxysuikers	0 - 1	(Soms) bitter
Anhydrosuikers	0 - 1	(Soms) bitter
Suikers	0 - 2	Soms heel bitter
Gedehydrogeneerde suikers (poly-olen)	0 - 2	
Aminozuren	0 - 50	Vaak bitter
Isocoumarinen	0 - 660	Soms bitter
Trifluoracetyl-laspartylniliden	0 - 1500	Soms bitter
Dihydrochalconen	0 - 2000	Menthol- en drop smaak, persistent
Gechloroerde suikers	0 - 2200	(Soms) bitter
Aminonitrobenzenen	0 - 4000	'Chemisch smaakje'
1,1-Diaminoalkanen	5 - 1000	
Na-cyclamaat	30 - 80	
Glycyrrhizine	50	Dropsmaak
Aspartaam	100 - 200	Enigszins bitter
Acesulfaam-K	150	Enigszins bitter
Na-sacharine	200 - 700	Enigszins bittere nasmaak
Stevioside	300	Enigszins bitter
6-Chloor-D-tryptofaan	1000	
Hernandulcine	1000	Enigszins bitter
Taumatine	1000	Intens zoet en persistent
Fenchylderivaten van aspartaam	25.000	



3

dacht getrokken. Zij gaan ervan uit dat molekulen van zoete stoffen via waterstofbruggen kunnen binden met de receptor. Die verbinding zou tot stand worden gebracht via een *glucofoor*, een structurelement dat zowel in de zoete stof als in de receptor zou voorkomen. De *glucofoor* bestaat in hun visie uit twee onderdelen, die zij respectievelijk het *AH*- en het *B-systeem* noemen. A en B zijn atomen in het molecuul die enigszins negatief geladen zijn. Aan één van beide (A) is een  $H^+$ -ion gekoppeld. AH fungeert daardoor in deze theorie als een Lewiszuur ten opzichte van B, en B als een Lewisbase ten opzichte van AH. De AH van de *glucofoor* van de zoete stof vormt nu een waterstofbrug met de B van de receptor, terwijl de AH van de receptor hetzelfde doet met de B van de zoete stof (zie afb. 4).

3. Suiker is nog altijd de meest gebruikte zoetstof. In Nederland en België wordt dit produkt gewonnen uit suikerbieten. De bieten worden gewassen en gesneden. De suikers worden vervolgens geëxtraheerd en gezuiverd. Buiten de gewone kristal-suiker produceren de fabrieken allerlei andere producten, die als grondstof in de voedingsmiddelenindustrie worden gebruikt.

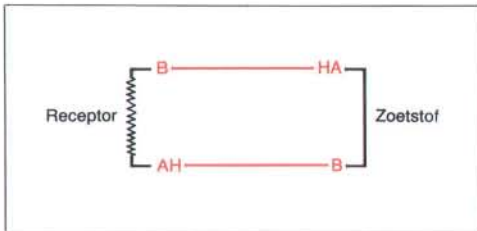
4. Het *glucofoormodel* van Shallenberger en Acree. Een *glucofoor* bestaat uit twee gedeelten, het *AH-systeem* en het *B-systeem*, die zowel in de molekulen van de zoete stof, als in de smaakreceptor moeten voorkomen. Wan-

neer een stof met zijn *glucofoor* via waterstofbruggen een verbinding met de *glucofoor* van de receptor aangaat, wordt de smaakcel geprikkeld.

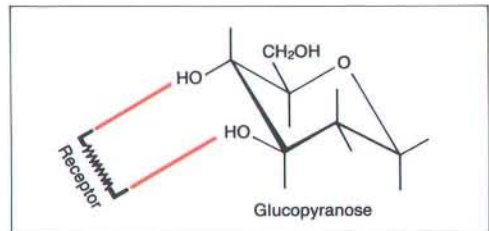
5. Glucopyranose bevat een  $\alpha$ -glycolgroep, een koppel OH-groepen dat de functie van *glucofoor* zou kunnen vervullen.

6. Nieuwe zoetstoffen worden in het laboratorium ontwikkeld. Eén van de bekendste is aspartaam, dat in Nederland door de Holland Sweetener Company op de markt wordt gebracht. Aspartaam is een verbinding van het aminozuur asparaginezuur en de methylester van fenylalanine.





4



5



6

Een stof is dan zoet als de ruimtelijke configuratie zodanig is dat haar AH-,B-systeem past op dat van de receptor.

Shallenberger en Acree hebben bij een groot aantal zoete stoffen structuurelementen aangewezen die zo'n glucofoor zouden kunnen vormen. Deze komen echter ook voor in niet-zoete stoffen, maar dat hoeft geen belemmering voor hun theorie te zijn, als men er van uitgaat dat in die gevallen de ruimtelijke vorm van het molecuul zodanig is dat die niet op het receptormolecuul past.

Wanneer we de structuur van suikers bekijken, dan valt op dat in principe meerdere groepen binnen het molecuul een AH,B-systeem zouden kunnen vormen. Men denkt daarbij vooral aan de  $\alpha$ -glycolgroepen, met andere woorden aan plaatsen waar twee hydroxyl-

groepen naast elkaar liggen (zie afb. 5). Welk tweetal is nu betrokken bij de binding met het receptormolecuul?

Om die vraag te kunnen beantwoorden moeten we er van uitgaan dat een suikermolecuul zich altijd op een speciale manier oriënteert op de receptor, zodat er maar één paar OH-groepen de binding aangaat. Sommige suikers en zoetstoffen hebben snel veranderende configuraties, waardoor moeilijk te zeggen is, welke het zal zijn. Molekelen als glucopyranose (afb. 5), zijn echter veel stabiel en hier is het mogelijk om het AH,B-systeem te lokaliseren in de 3,4  $\alpha$ -glycolgroep. Een bevestiging hiervan is te krijgen door de effecten op de smaak van alle mogelijke chemische varianten van het molecuul te onderzoeken. Een niet geringe opgave.

### Intens zoet

Zeer veel kunstmatige zoetstoffen zijn enigszins hydrofoob. Deze vaststelling leidde tot een voorstel voor een glucofoor, waarin naast het AH,B-systeem nog een derde hydrofobe groep voorkomt. Zo'n waterafstotend deel blijkt echter niet noodzakelijk te zijn voor het opwekken van een zoete smaak. Bovendien is die derde bindingsplaats ook niet echt noodzakelijk. Een enigszins hydrofoob molecuul kan zich in de mondholte weliswaar gemakkelijk binden aan de hydrofobe membraan van de smaakcel, maar daar staat tegenover dat een hydrofiele stof juist via het waterige speeksel gemakkelijk bij de smaakreceptor kan komen. Op grond daarvan verwacht men dat de zowel de kwaliteit als de intensiteit van de zoete smaak van een stof samenhangt met het hydrofobe of hydrofiele karakter van de geschikte glucofoor.

Er zijn in de loop der jaren veel intens zoete stoffen geïsoleerd of gesynthetiseerd, waarvan

sommige pas na een tijdje zoet smaken. Proeft men bij suikers onmiddellijk zoetigheid, bij deze stoffen kan het enkele seconden duren voordat men dat proeft. Ze laten ook veel langer een nasmaak na; soms is de smaak er nog 30 minuten na het proeven. Dergelijke stoffen zijn niet geschikt voor gebruik in voedingsmiddelen; ze zouden de smaak te zeer overheersen. Hoewel al veel onderzoek is verricht naar de achtergronden van dit fenomeen, tast men voor een verklaring ervan goeddeels in het duister. Men heeft vooral gekeken of de watermantel rond de molekulen van de zoete stof niet een rol zou kunnen spelen.

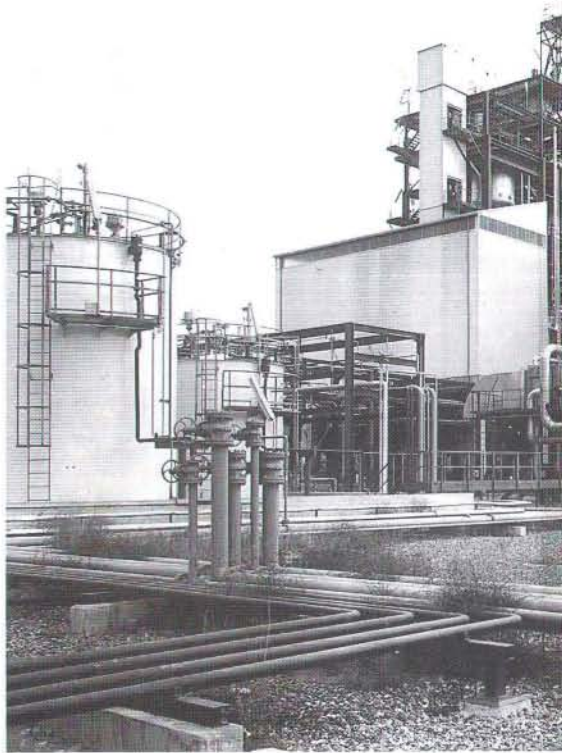
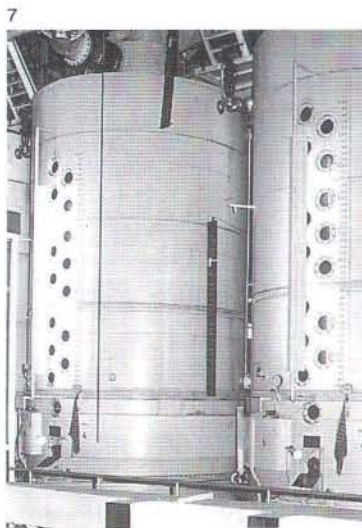
### Zoetstoffen in het dieet

De tong is bezet met smaakpapillen. Rond de geboorte is hun aantal het grootst, daarna neemt het met het klimmen van de jaren geleidelijk af. Niet alleen mensen vinden een zoete smaak prettig; ook veel dieren reageren positief op suikers en bepaalde zoetstoffen, al weet

7 en 8. De productie van suiker uit suikerbieten is een proces waarbij klassieke extractie- en zuiveringstechnieken, zoals indampen (7) op industriële schaal wordt toegepast.

De productie van aspartaam daarentegen is een nieuw biotechnologisch proces, waarvoor installaties nodig zijn die aan een chemische fabriek doen denken.

8





je natuurlijk nooit of zij dezelfde sensatie ervaren als mensen.

Suikers in voedingsstoffen leveren in de eerste plaats energie (bijna  $17 \text{ kJ} \cdot \text{g}^{-1}$ ). Mensen die aan suikerziekte of vetzucht lijden moeten de hoeveelheid suikers in hun dieet drastisch beperken. Een mogelijkheid daartoe bieden de gehydrogeneerde suikers of polyolen. Deze hebben dezelfde energetische waarde als de gewone suikers, maar worden langzamer in de darm opgenomen en beter verdragen door diabetici. Suikers hebben ook effect op chemische processen in de hersenen. Ze schijnen een opiumachtig effect te hebben en zodoende werken ze mee aan de verlichting van pijn. Intens zoete zoetstoffen hebben dit effect niet. Ze hebben een verwaarloosbare voedingswaarde en worden, na opname in het bloed weer onveranderd uitgescheiden.

In het begin van de jaren zeventig kwam één categorie zoetstoffen, de *cyclamaten*, op een nogal ongunstige manier in het nieuws. In Engeland, de VS en vele andere landen werden

cyclamaten verboden, nadat bleek dat het door darmbacteriën werd omgezet in het veel giftiger cyclohexylamine. Slechts in enkele landen mag het nu nog worden verkocht.

Het is heden ten dage mogelijk een zoete smaak te verminderen, elimineren of juist te creëren door niet-zoete smaakmodificerende stoffen toe te voegen. Het werkingsmechanisme van deze stoffen is niet bekend, onder meer omdat het mechanisme van de smaakreceptie nog onbekend is. Smaakmodificerende stoffen bieden de producenten van levensmiddelen een groot arsenaal aan mogelijkheden, maar er zijn er slechts weinig die in voedsel gebruikt mogen worden.

In het onderzoek van de chemoreceptie is door de samenwerking van chemici, biochemici, biologen, fysiologen, neurobiologen, anatomen en psychofysici al veel vooruitgang geboekt. De chemoreceptie van 'zoet' is een intrigerend onderzoeksgebied en uitermate belangrijk voor de voedingswetenschap en de levensmiddelen-technologie.

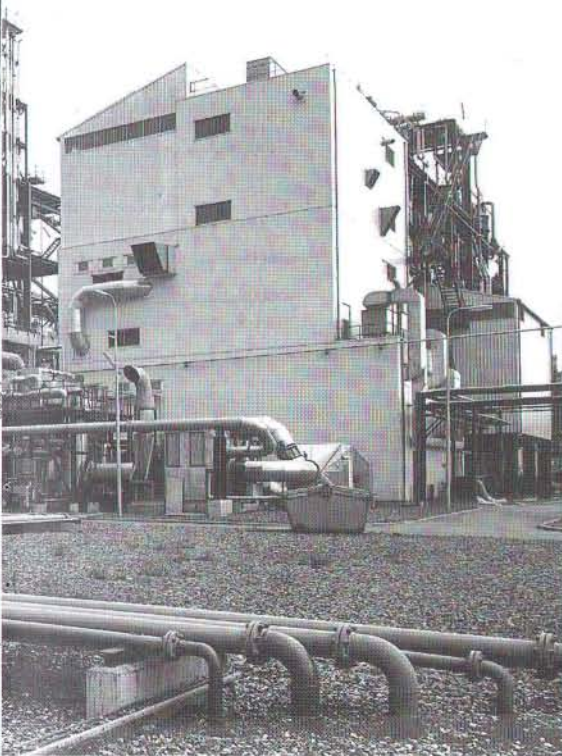
Dit artikel verscheen eerder in het Engelse blad *Endeavour*. Het is vertaald door drs G.Th. van Wingerden-Klinge. Bij de bewerking van dit artikel heeft de redactie adviezen gehad van drs J. Bouma, vakdidacticus scheikunde aan de Vrije Universiteit in Amsterdam en drs A. Mast, docent scheikunde aan het Petrus Canisius College in Alkmaar.

#### Literatuur

- Birch GG, Parker KJ (Eds.). *Nutritive sweeteners*. Amsterdam: Elsevier, 1982.  
 Schallenger RS, Acree TE. *Nature* 1967; 216, 480.  
 Kieboom APG. *Koolhydraat. Natuur & Techniek* 1988; 56: 11, 926-936.

#### Bronvermelding illustraties

- Paul Mellaart, Maastricht: pag. 1018-1019.  
 Uit: Kessel RG en Kardon RH. *Cellen, weefsels en organen*. Maastricht: *Natuur & Techniek*, 1983: 1 en 2.  
 Landinrichtingsdienst, Utrecht: 3.  
 Holland Sweetener Company, Maastricht: 6 en 8.  
 Suikerunie, Breda: 7.



Onder redactie van ir. S. Rozendaal.

### De beperkte rationaliteit van de wetenschap

Joost van Kasteren

Soms krijg je het idee dat technische ontwikkelingen over ons heen walsen. Ergens in laboratoria zitten tientallen klonen van professor Sickbock die, gesteund door Bul Supers en Hiep Hiepers ons steeds weer nieuwe dingen door de strot trachten te duwen. In werkelijkheid echter mislukt er veel van wat ingenieurs en bètawetenschappers uitdenken. De beeldplaat bijvoorbeeld is tot nu toe een flop. Windmolens idem. Hetzelfde geldt voor investeringen waar veel geld mee gemoeid is geweest zoals Viditel. De PTT verwachtte in 1982, toen ze met Viditel begonnen, maar liefst 50 000 abonnees in twee jaar. Het waren er 8000. Nu, na zes jaar Viditel, zijn er maar ongeveer 30 000 abonnees.

De Viditel-flop is eigenlijk een merkwaardige zaak. Enkele jaren geleden begon de Franse PTT met een vergelijkbare dienst, Minitel. Binnen korte tijd groeide Minitel uit tot een succes, het aantal abonnees loopt in de miljoenen.

Het voorbeeld van Viditel en Minitel laat zien dat een bepaalde technologie op zichzelf niet succesvol is. Elegante technische vindingen zijn niet voldoende; er moet ook een maatschappelijke bedding worden gecreëerd wil een technologie of de producten ervan aanslaan.

Een ander voorbeeld is de automatisering in het bedrijfsleven. De wijze van automatisering in bijvoorbeeld de procesindustrie is zodanig dat het werk steeds meer centraal wordt gestuurd. Complete produktie-automatisering is technisch wel mogelijk, maar de meeste bedrijven stoppen toch op ongeveer tweederde van wat technisch mogelijk is. Dan gaan namelijk andere overwegingen een rol spelen. De kwetsbaarheid van een volledig geautomatiseerd systeem neemt toe. Ook een meer sociale overweging, zoals de zinvolle invulling van het nog resterende werk of protesten van het 'middle-management' maken dat de technische mogelijkheden niet volledig worden uitgebuit.

Prof dr A. Rip, die half oktober zijn intrede hield als hoogleraar Filosofie van Wetenschap en Techniek aan de Universiteit Twente, is op zoek gegaan naar een antwoord op de vraag hoe die technologische dynamiek, zeg maar het gebruik van technologie in de samenleving, in elkaar steekt. Welke oorzaken bepalen succes of mislukken van een bepaalde technologie?

#### Waarnemer

Rip: "Van huis uit ben ik fysisch chemicus, maar daarna heb ik een intellectuele zwerftocht gemaakt via *chemie en samenleving* en *wetenschapsdynamica* naar de *filosofie van wetenschap en techniek*.



TV-toestellen met Viditel: hier een flop, in Frankrijk een succes.



Deelrationaliteiten leggen grenzen rond wetenschappelijke disciplines.



Ik ken dus de natuurwetenschappen van binnenuit, maar ik kan ze ook bekijken als waarnemer."

"Van binnenuit heeft een wetenschappelijke discipline een vanzelfsprekende rationaliteit. Het is voor de deelnemers duidelijk hoe ze te werk gaan en hoe ze te werk behoren te gaan. Ook voor andere 'organisaties' geldt dat een bepaalde manier van handelen vanzelfsprekend is."

"Van buitenaf, als waarnemer, zie je echter dat de gevolgde handelwijze tot op zekere hoogte toevallig is. Door de handelwijze in de scheikunde en de natuurkunde te vergelijken, realiseer je je wat er gedaan wordt en hoe het wordt gedaan, en dat de verwachtingen die men heeft voor een deel het resultaat

zijn van de geschiedenis en de cultuur van de betreffende discipline. In een andere organisatie gelden weer andere regels en gebruiken. Dat is ook logisch; om een bepaald doel te bereiken, moet je je blikveld enigszins beperken. Je zet oogkleppen op, omdat je dan harder vooruitkomt."

Gevolg is wel, aldus Rip, dat de visie van organisaties en wetenschappelijke disciplines een beperkte rationaliteit heeft, een clubvisie. Deze visie is essentieel voor het voortbestaan van de club, het zijn de regels van het spel dat wordt gespeeld. Op grond van hun eigen blikveldvernaauwing streven de verschillende 'clubs' allemaal hun eigen doelstelling na. Het resultaat kan echter door die oogkleppen negatief uitpakken.

Zo is één van de gevolgen van de beperkte rationaliteit het uitputten van natuurlijke hulpbronnen. Iedereen weet dat het gebeurt, maar de eigen rationaliteit, gebaseerd op belangen en instituties, dwingt tot verdergaan.

Rip: "Als je probeert in te grijpen dan lukt dat vaak niet, of maar zeer ten dele. Al gauw komt dan een samenzweringstheorie op de propfen. Samenzwering gebeurt misschien wel eens, bijvoorbeeld bij kartels van grote ondernemingen, maar meestal gaat het toch om het vasthouden aan de eigen – sub-optimale – doelstellingen van de deelnemers aan het spel, op basis van hun eigen rationale redenen. Men is een gevangene van zijn eigen partiële rationaliteit."

Vooruitgang van de samenleving, ook de technologische vooruitgang, wordt, volgens Rip, bepaald door de 'botsingen' tussen partiële rationaliteiten. Uit botsingen tussen verschillende groepen rondom een nieuwe technologie kan een nieuw spel worden gecreëerd met nieuwe spelregels. Als voorbeeld noemt hij de manier waarop in een bedrijf vernieuwingen tot stand komen.

Rip: "Ook een (grote) onderneming is een samenraapsel van conflicterende logica's. De onderzoekers van de afdeling Research en Development benadrukken de beloften die hun vinding inhoudt voor de toekomst. De afdeling marketing staat sceptisch tegenover die vernieuwing, behalve als ze vermoeden dat de concurrent ook met iets dergelijks bezig is. En de productie-afdeling is bijna altijd afwijzend; zij zien de problemen die samenhangen met de vernieuwing; zij moeten het feitelijk waarmaken.

De logica's van de verschillende afdelingen in een bedrijf botsen op zo'n moment. Ingrijpen van hogerhand is dan nodig om de conflicten te bezweren."

"De rationaliteit van dat ingrijpen is beperkt. Het management zorgt er alleen maar voor dat er een nieuw spel ontstaat, wederom met zijn eigen logica."

Wat voor de afdelingen in een bedrijf geldt, geldt ook voor wetenschappelijke disciplines. Zo beschreef Charles Perry Snow al in 1959 hoe de 'two cultures': natuurwetenschappen en technologie enerzijds en alfa- en gammawetenschappen anderzijds, van elkaar verschilden en hij liet zien hoe onoverbrugbaar de kloof was die beide partiële rationaliteiten van elkaar scheidde.

### Nieuwe opties

Omdat wetenschap en technologie mensenwerk zijn, zo stelt Rip, bestaat de mogelijkheid om het technologisch ontwikkelingsproces te 'sturen'. Sturen in de zin van het scheppen van een nieuw spel met nieuwe spelregels.

Rip: "Technologische ontwikkelingen leveren nieuwe opties en nieuwe mogelijkheden voor interactie. Een voorbeeld is de recombinant-DNA-technologie. Halverwege de jaren zeventig ontstonden verschillende groepen met verschillende visies op het gebruik van die technologie. Dat liep uiteen van zo snel en zo omvangrijk mogelijk exploiteren van de technologie tot een compleet moratorium op het gebruik ervan. Wat je

nu ziet is dat er een koppeling ontstaat tussen de verwachtingen die verschillende groepen van elkaar hebben. Zo constateren biotechnologen met enige opluchting dat er met iemand als Lucas Reijnders best te praten valt. Dat Reijnders bijvoorbeeld helemaal niet zo'n 'anti'-figuur is als Jeremy Rifkin die hier laatst was."

Bij de ontwikkeling van een nieuwe technologie ontstaan interacties tussen verschillende groepen en de verschillende verwachtingen die zij van die technologie hebben. Om bij recombinant-DNA-technologie te blijven: in Nederland zijn de hooggespannen verwachtingen van de technologie inmiddels al fors teruggeschoefd. Aan de andere kant zijn er nog maar weinig



Prof Arie Rip (foto: Universiteitskrant Twente).



mensen die pleiten voor een compleet verbod op DNA-experimenten, c.q. het verbieden van het gebruik van producten die via recombinant-DNA-technologie zijn verkregen.

Rip: "Door interacties tussen verschillende groepen, ontstaat een nieuw technisch-maatschappelijk spel. Uit de geschiedenis van succesvolle technologische vernieuwing kun je afleiden dat het succes wordt bepaald door de kwaliteit van die interacties."

Het scheppen van een technisch maatschappelijk spel

omschrijft Rip als een ontwerp-vraag. Niet in de zin van het maken van technische ontwerpen, maar vooral ook van sociale ontwerpen. Dat laatste in de zin van het scheppen van organisatorische verbanden, het opbouwen van nieuwe instituties en soms een algemene maatschappelijke discussie.

Om bij het voorbeeld van recombinant-DNA-technologie te blijven; een goed *duaal*, dat wil zeggen een zowel technisch als maatschappelijk goed ontwerp omvat niet alleen het technische onderzoek

### Blind

Rip is niet erg te spreken over de vrij 'blinde' wijze van technologiestimulering door de Nederlandse overheid. "Technologiestimulering is meer dan het pompen van geld in allerlei nieuwe technische ontwikkelingen. Als overheid moet je proberen om ook een uitdagende omgeving te creëren waarin die door mij genoemde heterogene interacties tot stand kunnen komen. Momenteel legt de overheid nogal de nadruk op de eigen dynamiek van technologische ontwikkelingen. Gesuggereerd wordt dat deze voortrazen zonder dat iemand daar ook maar enige invloed op kan uitoefenen."

"De dynamiek van de technologische ontwikkeling is echter gebaseerd op keuzen. Die keuzen worden gemaakt op het niveau van bedrijven en instituten. Op macro-niveau lijkt het inderdaad of er sprake is van een onafwendbare ontwikkeling. Zo komt men dan tot verwijzingen naar bijvoorbeeld de internationale ontwikkelingen. Wij moeten onderzoek en ontwikkelingswerk doen aan megachips omdat Japan en de VS dat ook doen. In Japan en in de VS worden diezelfde argumenten gebruikt maar dan met als argument dat men achterop dreigt te raken op respectievelijk Europa en de VS en Europa en Japan."

Als de overheid ingaat op dergelijke claims, dan wordt zij de gevangene ervan. Het moet waar zijn, anders staat ze zelf voor schut. Er ontstaat een wedloop die tot gevolg heeft dat keuzes van bedrijven en instanties veranderen in een quasi-onafwendbare ontwikkeling van 'de' technologie. Volgens Rip heeft de overheid tot taak om een arena te creëren voor het technisch-

## Prof dr Rip: "Binnen de wetenschap is vaak sprake van een clubvisie."

naar nieuwe producten en processen, maar ook het bevorderen van interacties tussen voor- en tegenstanders van de technologie en van biotechnologen en potentiële gebruikers.

Daarmee wordt de kwaliteit van het onderzoek verbeterd; de technische ontwerper moet zich als het ware continu verantwoorden. Bovendien kan het ook leiden tot een meer afgewogen balans tussen welke toepassingen niet en welke wel gerealiseerd kunnen worden en in welk tempo. Tenslotte is een breed gedragen oordeel over eventuele beheersmaatregelen mogelijk.

Door die heterogene interactie tussen verschillende groepen ontstaat een maatschappelijk leerproces, dat enerzijds bijdraagt aan de vormgeving van de technologische ontwikkeling, anderzijds aan die ontwikkeling ook een maatschappelijk draagvlak geeft.



**Heterogene interacties vergroten de kans op acceptatie van nieuwe technologieën (ANP foto).**



maatschappelijk spel rond een nieuwe technologie. Volgens kan zij zelf als deelnemer meedoen aan het spel.

Rip: "Je kunt het vergelijken met het opzetten van een brede maatschappelijke discussie, zij het dat de Brede Maatschappelijke Discussie over kernenergie weinig heeft opgeleverd. De reden was dat de door de overheid geschapen arena te groot was en de agenda, op basis waarvan verschillende groepen deelnemen aan de discussie, aan het spel, te diffuus. Aan de andere kant kennen we op het gebied van de planologie inspraakprocedures. Die zijn echter vaak weer te strak gereguleerd om een echte interactie tot stand te brengen tussen verschillende groepen."

"De overheid moet bewust heterogene interacties inbouwen, onder meer door bepaalde groepen, bijvoorbeeld tegenstanders van een technologie, uit te nodigen om aan het spel mee te doen. Op die manier kun je proberen om niet

door schade en schande, maar op een meer bewuste manier te komen tot een nieuw technisch-maatschappelijk spel." De benadering die Rip schetst is inmiddels ook opgepakt. De Nederlandse Organisatie voor Technologisch Aspectenonderzoek (NOTA) probeert op verschillende terreinen onderzoekers, vertegenwoordigers van bedrijven en vertegenwoordigers van consumentenorganisaties en 'verontrusten' bij elkaar te brengen. Zo is eind november een strategische conferentie gehouden over de invoering van ISDN in Nederland, kortweg een digitalisering van het telefoonnet waardoor allerlei nieuwe diensten mogelijk worden. Begin december heeft de NOTA een workshop gehouden rond het in de na-

tuur brengen van gerecombineerde organismen.

Rip: "Vroeger vond dat soort interacties ook plaats, maar dan veel meer in een 'old boys network', in sociëteiten en verenigingen. Voor buitenstaanders begint het dan al gauw op een samenzwering te lijken. Op zichzelf kan een dergelijke besloten interactie productief zijn, maar uiteindelijk keert het gebrek aan openheid zich tegen je. Er is namelijk geen 'check' op de kwaliteit van de beslissingen; kwaliteit in de zin van inbedding en acceptatie door de samenleving."

Door het technisch-maatschappelijk spel rond de invoering van nieuwe technologie te organiseren, liggen de uitkomsten niet bij voorbaat

## **De Nederlandse overheid stimuleert technologie veel te blind**

vast. Toch mag je aannemen dat die uitkomsten beter zijn dan wanneer de invoering volledig wordt overgelaten aan het bekende 'vrije spel der maatschappelijke krachten'. In dat laatste geval zijn de kansen op mislukking, met bijbehorende soms grote verliezen (Viditel) veel groter.

Rip: "Alleen al uit oogpunt van effectiviteit – zorgen dat je investeert in technologie die op termijn succesvol is – is het noodzakelijk om nieuwe technologie te beschouwen als een ontwerpprobleem, waarbij rekening wordt gehouden met behoeftes en wensen van potentiële gebruikers."



# De erfenis van Galileo Galilei

■ Paul Wouters ■

Het is in het verleden regelmatig bonje geweest tussen wetenschap en geloof. De moderne wetenschap is zelfs in conflict met de kerk ontstaan. Zo verdedigde de katholieke geleerde Galilei in de zeventiende eeuw de theorie van Copernicus dat de planeten om de zon draaiden en niet om de aarde. De kerk achtte dat in strijd met de leer en verbood hem zijn opvatting in het openbaar uit te dragen. Het heeft niet geholpen. "Galileo Galilei is wellicht meer dan ieder ander verantwoordelijk voor de geboorte van de moderne wetenschap", is het oordeel van de natuurkundige Stephen Hawking, schrijver van een bestseller over het heelal en door velen gezien als de opvolger van Albert Einstein.

Sinds de Verlichting staat het conflict rond Galilei model voor de autonomie van 'de zuivere wetenschap'. Zoals Brecht het formuleerde: "De som van de hoeken van een driehoek kan niet naar de behoeften van de curie veranderd worden."

Deze eeuw was het Vaticaan er overigens als de kippen bij om revanche te nemen op het heelal. De theorie van de oerknal als begin van het heelal was bij wijze van spreken nog niet af, of de katholieke kerk wilde haar al zegenen. Deze opvatting past immers gemakkelijker bij een schepper dan de theorie dat het heelal oneindig lang bestaat.

De jezuïeten nodigden beroemde natuurkundigen en

astronomen uit voor een congres en de paus verleende hen audiëntie. Volgens Stephen Hawking, een van de deelnemers, kon hij het echter niet laten de wetenschappers te vermanen: er waren geen bezwaren tegen het bestuderen van het heelal maar onder geen beding mocht er geprobeerd worden tot de oerknal zelf door te dringen "want dat was het moment van de schepping en derhalve het werk van God."

## Katholieke prioriteiten

Wat is vandaag de dag de houding van de kerk ten opzichte van wetenschap en

techniek? In brede kring is vooral de kerkelijke verontoring over de huidige praktijk van abortus, euthanasie en kunstmatige inseminatie bekend.

Het Katholiek Studiecentrum in Nijmegen zet deze drie Christelijke topics dan ook hoog op de agenda. Studie-secretaris Maarten Hageman meent dat daarmee hoogst actuele maatschappelijke vragen aan de orde worden gesteld.

Bij het Multidisciplinair Centrum voor Kerk en Samenleving in Driebergen, de denktank van de Raad van Kerken, zijn de medewerkers het niet zo met de katholieke vak-



Galilei werd door de kerk berecht voor zijn wetenschappelijke opvattingen.

broeders eens. Staflied Dick Koelega: "Abortus is een privé-probleem. Als de kerken zich daar alleen mee bezighouden, passen ze precies in de marges die de heersende machten hen toelaten."

Mady Thung, sociologe en met emeritus-hoogleraar Harry de Lange oprichter van het Driebergense centrum, was enige tijd geleden op een Duitse conferentie waar de reageerbuisbevruchting werd afgeraden. "Hoe krijgen ze dat in godsnaam geëffectueerd? Het is net zo'n slag in de lucht als het rooms-katholieke verbod op voorbehoedmiddelen. Vrouwen staan toch in de rij voor reageerbuisbevruchting?"

Het is niet altijd onmiddellijk duidelijk waarom de kerk zo scherp op bepaalde, door de wetenschap opgeworpen, thema's reageert. Bij abortus en euthanasie ligt het voor de hand: het leven verdient bescherming en doden mag niet. Bij in-vitro-fertilisatie is dat moeilijker. Waarom is de kerk daar eigenlijk tegen? Het curieuze antwoord is dat zij vooral moeite heeft met het feit dat voor reageerbuisbevruchting sperma in een reageerbuis moet worden gedeponeerd. En sinds het bijbelse voorbeeld van Onan is de daarvoor vereiste techniek besmet.

### **Beroepsverantwoordelijkheid**

Het centrum in Driebergen laat de bovengenoemde drie thema's voor wat ze zijn. Wel maakt het werk van de beroepsverantwoordelijkheid van de wetenschapper. Daartoe organiseert het centrum speciale bijeenkomsten voor natuurwetenschappers en technologen. Maar volgens velen van hen is er geen speciale christelijke beroepsverantwoordelijkheid. Waarom

is het MCKS dan toch een kerkelijk centrum?

Theoloog Koelega is er niet zo zeker van dat er geen christelijke beroepsethiek is. "Als technologen dat zeggen dan bedoelen ze dat ze geen checklist kunnen ontwaren met standpunten waar ze zich aan te houden hebben. Gelukkig kan dat niet meer, nou ja, de paus is er nog wel mee bezig, maar dat is toch achterhaald."

Hij gaat in op de ervaringen van de twee regionale MCKS-technologiegroepen. Daar behandelden de deelnemers voorbeelden van technologisch wanbeleid. "Je komt er niet met de benadering dat het in het eigen belang van de mens is om ethisch verantwoord te handelen." Want waarom zouden we ons dan iets aantrekken van onze naasten? We hebben meer nodig, zegt de theoloog: "be-grippen als gerechtigheid,



## **Hoe theoretischer de werkzaamheden van de onderzoekers, hoe groter de kans dat hij of zij nadenkt over ethische dilemma's**

schepping en rentmeester-schap." De christelijke traditie heeft dus antwoorden op vragen waar de moderne mens mee zit, vindt hij.

Mady Thung breekt zich niet zo het hoofd over de bijdrage van de theologie aan de discussie tussen de wetenschappelijke disciplines. Volgens haar kan een ideële beweging niet over de toekomst praten zonder duidelijk te zijn over hun waarden. Ook de kerken moeten bereid zijn om keuzes te maken. Thung erkent dat een organisatie als het Ver-

bond van Wetenschappelijk Werkers dat ook doet. Of de bijbel in de praktijk werkelijk andere keuzes oplevert, is een heet hangijzer onder theologen. "Men vraagt dan naar het *proprium* ofwel het eigene van de christelijke ethiek. Ik lig daar niet zo wakker van. Ik zou al blij zijn als de kerken over bijvoorbeeld de biotechnologie nu eens niet achterlopen, maar beargumenteerd en gedocumenteerd keuzes durven te doen. Op dit moment is dat nog niet het geval," aldus de sociologe.





**Mady Thung en Dick Koelega van het Multidisciplinair Centrum voor kerk en samenleving (foto: 't Sticht).**

### *Sceptisch over vooruitgang*

Het multidisciplinaire instituut staat sceptisch tegenover wat het *vooruitgangsgeloof* wordt genoemd. Het heeft zelfs een boek geproduceerd van de socioloog Laeyendeker met als titel 'Brengt de vooruitgang ons verder?'. Op bijeenkomsten in Driebergen wordt niet geschroomd het prestige van de natuurwetenschappen als een moderne afgodsdienst te betitelen.

Zoals vroeger de bijbel uiteindelijk de doorslag gaf, zo is nu de autoriteit van de wetenschap zeer groot. Volgens vele critici is dat gezag te onaanvaardbaar geworden. In religieuze kringen wordt dan doorgaans over 'een nieuwe afgod' gesproken. Bovendien is het technisch mogelijke tot nog toe altijd werkelijkheid geworden. Daardoor krijgt de

kritiek een extra lading, iets verbetens: ze wil ook het idee van vooruitgang als zodanig onder vuur nemen.

"Innovatie heet nu een levensvoorwaarde van de maatschappij", aldus Dick Koelega. De bekende Rotterdamse dominee Visser heeft haar omschreven als een nieuw gouden kalf. Als we maar vooruit gaan, dan is het wel goed. Koelega vindt het aanvallen van de fetisjen in de maatschappij één van de taken van het christelijk geloof. Als het om de toekomst gaat, ziet Mady Thung een concurrentie tussen twee idealen. Aan de ene kant die van steeds meer vooruitgang op technologisch en economisch gebied. Daartegenover het toekomstbeeld van het onderwerpen van die vooruitgang aan ontwapening, milieuzorg en armoedebestrijding.

Het MCKS kiest het laatste ideaal, maar wil nu ook weer niet in de anti-wetenschappelijke hoek terecht komen. Thung: "We kunnen het in onze moderne maatschappij nu eenmaal niet zonder wetenschap stellen." Onlangs hoorde zij iemand van de Lindeboomstichting (een kerkelijke rechts georiënteerde denktank), een aanval doen op het 'wetenschapsgeloof'. Die stichting wil de wetenschap als zodanig onder curatele stellen. Daar is zij het niet mee eens. Maar wetenschap vindt ze ook niet per definitie iets moois.

Het ontdekken van nieuwe dingen hoort tot het wezen van wetenschappelijk onderzoek. Het vereist het overschrijden van bestaande grenzen, of dat nu de grenzen van onze huidige kennis, dan wel de grenzen van onze vermogens zijn. De sociologe Thung erkent de positieve kanten daarvan. Maar ze is beducht voor het domweg ontkennen van het bestaan van grenzen, dat vindt ze zeer gevaarlijk. "We hebben nu eenmaal grenzen, mensen zijn niet almachtig."

Of wetenschap echt iets positiefs oplevert, hangt voor haar af van de gevolgen. Bij de verdeling van investeringen in vooruitgang is dit essentieel.

Ze neemt de gezondheidszorg als voorbeeld. "In de medische technologie wordt wel veel geïnvesteerd, maar daar staan bezuinigingen tegenover en is de verpleging tegelijk het kind van de rekening." Pinnig zegt ze: "dat roept de vraag op wat voor soort vooruitgang dit eigenlijk is." Vanwege die menselijke aspecten, pleit ze voor meer aandacht voor de sociale wetenschappen, juist nu de technologische ontwikkeling zo snel gaat.

*Profiel van een bezinner*

Wat voor technologen denken nu eigenlijk na over wat ze doen? Dick Koelega 'doet' de technologieprojecten van het centrum Driebergen. Hij kan uit de vijftienhonderd mensen die regelmatig informatie van het centrum betrekken geen profiel halen. Er komt van alles: harde experimentatoren, theoretici, intuïtieve uitvinders, sociaal voelende wetenschappers.

Wel zijn er accenten herkenbaar: hoe theoretischer de werkzaamheden van de onderzoeker, hoe groter de kans dat hij of zij nadenkt over ethische dilemma's. Hoe dichter de onderzoeker daarentegen bij het commerciële management in het bedrijf staat, hoe kleiner de ruimte voor deze 'luxe' is.

Overigens kunnen de bedrijven niet over één kam geschooren worden: Philips heeft een traditie in bezinning ontwikkeld met mensen als Dippel en Casimir op het Nat Lab; Shell blinkt er niet in uit. Ons land zou overigens elders nog wel wat kunnen leren. Koelega: "In de VS hebben ze een discussie over social responsibility ontwikkeld met beroeps-codes en bedrijfsethiek (onder andere op milieugebied), waar we hier een puntje aan kunnen zuigen."

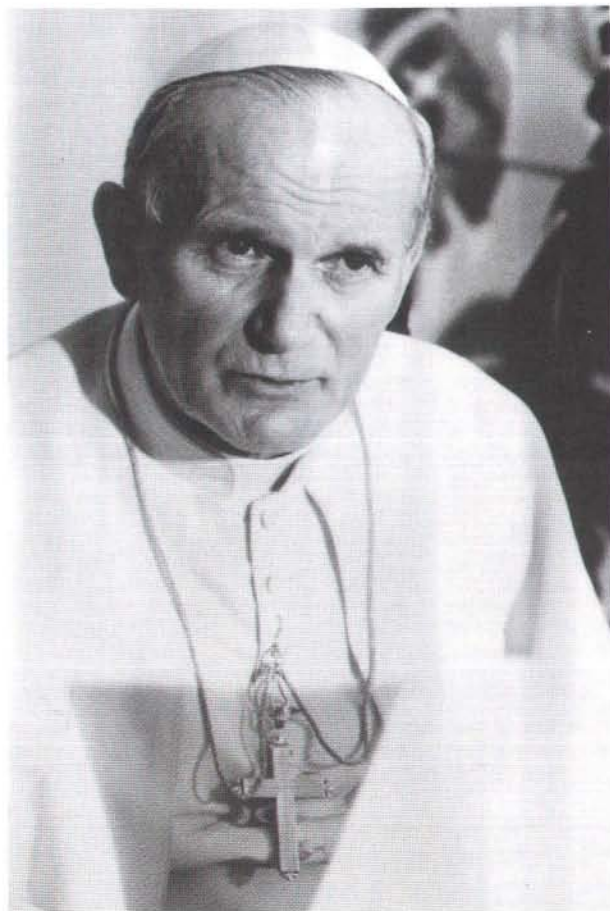
Opvallender dan eventuele accentverschillen in de persoonlijkheid is de leeftijdsopbouw van het MCKS-publiek. Volgens Koelega komen jonge mensen graag naar het centrum, de dertigers tot en met vijftigers ontbreken relatief veel, de ouderen zijn daarentegen oververtegenwoordigd. Bezinning blijkt moeilijk te combineren met het opbouwen van een carrière. "Mensen denken vaak dat het een marteling is om je met bezinning en ethische vragen bezig

te houden". Bij veel natuurwetenschappers en technologen bestaat een negatief beeld. Volgens hem is dat echter helemaal niet nodig. "Je kunt het op een heel ontspannen manier aanpakken." Desondanks is voor velen de gang naar het Driebergense centrum ingegeven door verontrusting over de eigen verantwoordelijkheid. Zij zien het als een middel om er eindelijk eens over te kunnen praten. Op het MCKS worden ze dan niet geconfronteerd met donderpreken. Dick Koe-

lega: "We pakken het niet aan zoals vroeger. Toen gebeurde het wel dat natuurwetenschappers vanaf de kansel als groep werden aangesproken. Wetenschap werd gelijk gesteld met vervreemding. Dat vinden wij onzin. Technologen zijn niet verantwoordelijk voor alles."

In plaats daarvan heeft het centrum ten behoeve van de bezinning een model ontwikkeld waarin de factoren die de ontwikkeling van techniek en wetenschap bepalen, in kaart zijn gebracht. Centraal staat

**Johannes Paulus II: de oerknal is het moment van de schepping (ANP-foto).**





de gedachte dat de wetenschap *collectief mensenwerk* is.

Deze gedachte behelst dat we zelf bepalen welke richting het op gaat, maar dat niemand er echt greep op heeft. Economische ontwikkelingen en investeringen, culturele trends, het politieke systeem, de infrastructuur, de stand van techniek en wetenschap: ze hebben allemaal hun eigen invloed op de wetenschappelijke vooruitgang en op elkaar.

In de discussie over dit model ligt de nadruk niet op het kweken van schuldgevoelens bij natuurwetenschappers en technologen, maar op het onderzoeken van mogelijkheden tot beïnvloeding van de ontwikkelingen. "Ze hoeven zich niet overal persoonlijk verantwoordelijk voor te voelen. Die last willen we wel van ze afnemen."

Deze manier van denken heeft het centrum geput uit de sociale wetenschappen, zowel Dick Koelega als Mady Thung benadrukken dan ook het multidisciplinaire karakter van hun centrum. Desondanks komen op de technologieberaden vooral technologen. Dat willen de organisatoren van de bijeenkomsten graag zo houden: "Er zijn nog teveel antipathieën over en weer."

Natuurwetenschappers vinden het prettig met elkaar van gedachten te wisselen zonder al te veel niet-technologen erbij. Zij ervaren het nogal eens als een soort 'verkrachting', indien ze overdonderd worden door sociale wetenschappers die hun redeneringen onmiddellijk in een bepaalde stroming weten te plaatsen. Ethici houden zich vaak niet met techniek bezig. "Die worden als te veroordelend of beschuldigend beschouwd" aldus de theoloog.

### Oprukkende ethiek

Hoe ziet de toekomst van de kritische bezinning er uit, nu het technische tempo zo hoog ligt? Lopen de bezinners niet hopeloos achter de feiten aan?

Dick Koelega is niet zo pessimistisch over de greep die de ethiek zal krijgen op de wetenschap. Hij verwijst naar de medische ethiek en de inmiddels ontwikkelde regulering van dierproeven. "Ook in bedrijven wordt gedacht aan het ontwikkelen van bedrijfs-codes, onder andere met het oog op het milieu." Maar met beroeps-codes is nog lang niet alles gezegd. De problemen ontstaan pas goed bij de toepassing.

Volgens hem zouden natuurwetenschappers op dat gebied nog wat kunnen leren van juristen. Bij de rechtspraak is meer ervaring opgebouwd met het afwegen van belangen die haaks op elkaar staan. In het bedrijfsleven zijn ze dat niet gewend. Als er bij investeringen nagedacht zou worden over de effecten op het milieu, de derde wereld en de toekomstige generaties, dan ontstaan conflicten. "Want dat kan kostenverhogend werken", aldus Koelega.

Hij ziet de ethiek niettemin oprukken in de agenda's van de managers en de wetenschappelijke elite. "Het is onderdeel van een grote trend. Kijk naar de vorige eeuw. Toen maakten de bedrijven zich alleen druk over winst maken op korte termijn. Nu spelen zaken als milieu en de langere termijn gevolgen al een grotere rol. Er zullen steeds meer ethische problemen op de agenda's verschijnen, ook uit bedrijfskundige noodzaak."

NATUUR en TECHNIEK verschijnt maandelijks, uitgegeven door de Centrale Uitgeverij en Adviesbureau B.V. te Maastricht.

Redactie en Administratie zijn te bereiken op:

Voor Nederland:  
Postbus 415, 6200 AK Maastricht.  
Telefoon: 043-254044\*.

Voor België:  
Tervurenlaan 32, 1040-Brussel.  
Telefoon: 00-3143254044.

Bezoekadres:  
Stokstraat 24, Maastricht.

Advertenties:  
T. Habets-Oldé Juninck:  
tel. 043-254044.

De Centrale Uitgeverij is ook uitgever van de Cahiers Bio-Wetenschappen en Maatschappij.

Abonnees op Natuur en Techniek of studenten kunnen zich abonneren op deze cahiers (4 x per jaar) voor de gereduceerde prijs van f 25,- of 485 F.

Abonnementenprijs (12 nummers per jaar, incl. porto):

Voor Nederland, resp. België:  
f 105,- of 2025 F. (per 1-1-'88)

Prijs voor studenten: f 80,- of 1550 F. (per 1-1-'88)

Overige landen: + f 35,- extra porto (zeepost) of + f 45,- tot f 120,- (luchtpost).

Losse nummers: f 10,00 of 200 F (excl. verzendkosten).

Abonnementen op NATUUR en TECHNIEK kunnen ingaan per 1 januari of per 1 juli, (eventueel met terugwerkende kracht) doch worden dan afgesloten tot het einde van het lopende abonnementsjaar.

Zonder schriftelijke opzegging vóór het einde van elk kalenderjaar, wordt een abonnement automatisch verlengd voor de volgende jaargang. TUSSENTIJDEN kunnen geen abonnementen worden geannuleerd.

Postrekeningen:

Voor Nederland: nr. 1062000 t.n.v. Natuur en Techniek te Maastricht.  
Voor België: nr. 000-0157074-31 t.n.v. Natuur en Techniek te Brussel.

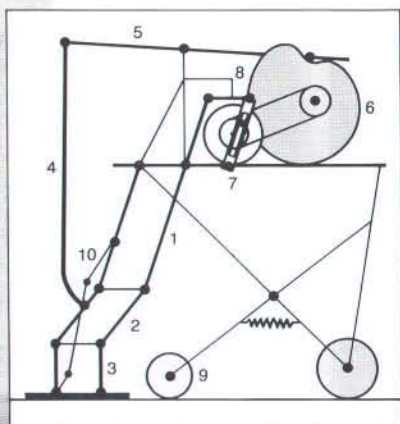
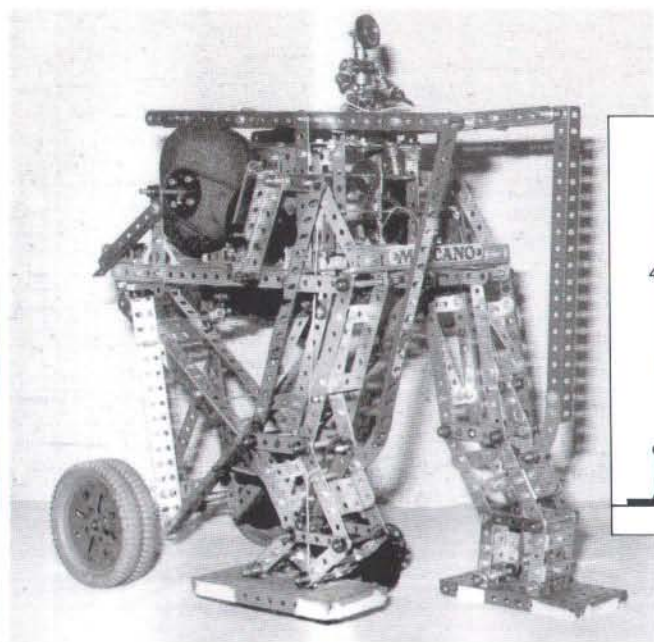
Bankrelaties:

Voor Nederland: AMRO-Bank N.V. te Heerlen, nr. 44.82.00.015.  
Voor België: Kredietbank Brussel, nr. 437.6140651-07.

# -EIGEN- ONDERZOEK

Door F. Dijk/Leek

Een model voor  
lopen



Veel, om niet te zeggen de meeste landdieren gebruiken benen en poten om zich voort te bewegen. In de techniek worden bijna altijd wielen gebruikt om allerlei materie voort te bewegen. Met bot- en spierconstructies zijn loopbewegingen kennelijk het best te realiseren. Hoewel, als je weet dat fietsen een efficiënter proces is dan lopen, dan zou je lopen een gevolg van een onvoltooide evolutie kunnen noemen, of een eindstadium van een ontwikkeling in een ongunstige niche. Zodra de roldieren er zijn, zullen de lopers de strijd om het bestaan verliezen.

Het blijkt moeilijk om uit spieren en botten wielen te maken. Het is ook moeilijk om met technische middelen een loopbeweging na te bootsen. Ik stelde mijzelf de opdracht een loopmechanisme te bouwen uit de beroemde Mecca-

no-onderdelen. Met moeren, bouten, assen, tandwielen, kettingen, strippen en balken met gaten is uiteindelijk een mooie constructie ontstaan, waarin het enige niet Meccano-onderdeel een besturingsmal is, gezaagd uit hardboard en multiplex.

Bijgaande schets toont het bouwprincipe. De heup-, onderbenen voetcombinatie (1, 2, 3) moet het gewicht van het bovenliggende frame dragen en over zich heen kunnen verplaatsen. De heup (1) wordt door de excentriek (7) zo bewogen dat bij aanraking van de ondergrond een maximaal hefboomkoppel met een verminderde snelheid ontstaat. De stap zelf wordt daarentegen vrij snel uitgevoerd. De vorm van de mal (6) is in praktijkproeven ontwikkeld en regelt de beweging van de constructie ook zodanig dat het frame tijdens een stapbeweging

op dezelfde hoogte blijft. Dat voorkomt onnodig energieverlies. De constructie die nu op de foto te zien is, vormt een functionele loopeenheid van een 'linker- en rechterbeen'. Het mechaniek is, om het evenwicht ervan te kunnen bewaren, nog wel ondersteund door wielen. Een combinatie van zes 'benen', waarvan er steeds drie gelijktijdig op de grond staan en drie een stapzwaai in de lucht uitvoeren, zou geen problemen met de stabiliteit geven. Mijn onderzoek richt zich echter op een viervoetig model, wat meer evenwichtsaanpassingen vergt.



### Vragen?

De vragen die de bedoeling hebben om de bruikbaarheid van Natuur & Techniek voor het onderwijs te vergroten, hebben deze keer betrekking op het artikel 'Waarom suiker zoet is' van dr G.G. Birch. U vindt dat op pagina 1018. De vragen zijn opgesteld door drs J. Bouma (chemiedidactic Vrije Universiteit Amsterdam) en drs A. Mast (Petrus Canisius College, Alkmaar).

1. a. Welke vier smaaktypen ken je?
- b. Noem vier stoffen die elk één van deze smaakgevoelens oproepen.
- c. Waarom kun je die smaken ook proeven als je verkouden bent?
2. a. Welke kunstmatige zoetstoffen (merknamen) ken je?
- b. Tot welke groep van zoetstoffen behoort elk daarvan?
3. Om welke reden is de mens geïnteresseerd in kunstmatige zoetstoffen?
4. Wat zijn cyclische verbindingen?
5. a. Wat verstaat men onder voedingswaarde?
- b. In welke eenheid wordt deze uitgedrukt?
6. Op welke manier zou een proefpaneel de relatieve zoetheid van een stof kunnen vaststellen?
7. Hoeveel gram suiker bevat 1 l 2,0 M sacharose-oplossing?
8. Welk chemisch element speelt een belangrijke rol bij onze elementaire smaken?
9. a. Wat zijn chloorderivaten?
- b. Geef een eenvoudig voorbeeld van een benzeenderivaat.
10. Wat betekenen de termen hydrofiel en hydrofoob?
11. Wat wordt bedoeld met 'ruimtelijke configuratie'?
12. Aan welke voorwaarden moeten volgens Shallenberger en Acree moleculen voldoen om een stof zoet te laten zijn?
13. Wat zijn poly-olen. Geef de structuurformule van het eenvoudigste poly-ol.
14. Welke twee voordelen hebben poly-olen boven suikers?

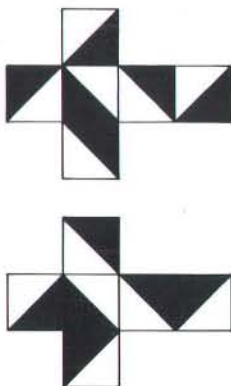
15. a. Aspartaam is een peptide-zoetstof; wat betekent dat?
- b. Leg uit waarom aspartaam geen voedingswaarde heeft.
- c. Welke nadelen heeft aspartaam?
16. Is de mondholtevlloeistof hydrofiel of hydrofoob?
17. Waarom maakt het behoud van de smaak van zoet gedurende enkele minuten een nieuw ontdekte zoetstof totaal ongeschikt voor gebruik in voedingsmiddelen?
18. Hoe veranderen smaakmodificerende stoffen de voedingswaarde van een suiker?

### Prijsvraag

#### Oplossing oktober

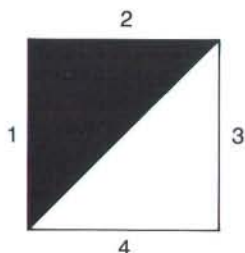
De professor schilderde ieder van de zes vlakken van een kubus zwart aan één kant van één van de diagonalen. Wanneer iemand hem nu één vlak liet zien, kon hij vertellen hoe de zwart-wit oriëntatie op de andere vlakken was. Op welke manieren kon de professor de zwart-witverdelingen hebben aangebracht?

Die vraag leverde niet al te veel problemen op, te oordelen naar de stroom goede oplossingen die op de redactie arriveerde. Hieronder twee plattegrondjes met mogelijke oplossingen.



De meeste inzenders gaven een *trial and error* oplossing die uitkwam op die waarbij het is alsof een gekleurde band de diagonalen volgt om de kubus slinger. Die is hieronder geplaatst. De bovenste oplossing is wat moeilijker te doorzien.

Wegens plaatsgebrek geven we hier niet een volledige oplossing, maar lichten een tipje van de sluier voor een meer wiskundige werkwijze op. Nummer de vier zijden van één vlak van de kubus in een vaste volgorde, bijvoorbeeld als aangegeven. Iedere oplossing is nu goed die een vast



verband geeft tussen een nummer van het ene vlak en een nummer van het andere vlak, waarbij natuurlijk de eis moet gelden dat ieder vlaknummer zesmaal voorkomt en dat de oplossing in een kubus te realiseren is. Vanwege het vereiste vaste verband, de professor moet aan een willekeurige zijde kunnen zien hoe de andere zijden gerangschikt zijn, moet iedere zijde aan een vaste andere zijde grenzen. Er is dus sprake van permutaties. Vanaf hier laten we de lezers weer aan hun lot over.

Uit de goede inzendingen is die van J.D. de Ruiter uit Purmerend als winnende getrokken. Vijf inzenders stuurden hun oplossing in reële vorm: uit hun envelop viel een echt kubusje met daarop een goede vlakverdeling. De puzzelredactie besloot, omdat het toch december is, tot een extra winterprijs en lootte tussen de knutselaars: Frank Proesmans uit Ruisbroeks/Puurs is de gelukki-

## OPGAVEN & PRIJSVRAAG

### Prijsvraag

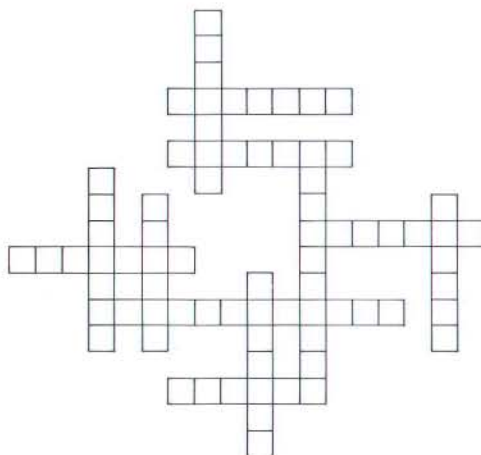


ge. Beide prijswinnaars ontvangen een boek uit de Wetenschappelijke Bibliotheek van Natuur & Techniek.

Bovenaan de ladder verscheen, met 63 punten, Vincent Vercruyse uit Wetteren. Al zijn punten zijn van de schijf gewist, maar in ruil daarvoor ontvangt de winnaar een gratis jaarabonnement op Natuur & Techniek.

#### De nieuwe opgave

U kent het principe van de zelfverwijzende zinnen wel. Een beroemd voorbeeld is: deze zin is onwaar. Qua taal is hier niets aan de hand, maar de logica weet er geen weg mee. Een ander type zelfverwijzende zinnen appelleert meer aan de boekhouders onder ons; zo'n zin administreert hoeveel van welke letters en leestekens die zin bevat. Probeer maar een de zin te beëindigen die begint als: deze zin bevat xxxxxxx e's, xxxxxxx n's, xxxxxxx s's, .... Waarbij op de plaats van xxxxx steeds een *voluit geschreven* tel-



woord staat. Als de zin af is moeten alle letters geteld en genoemd zijn. Dit principe was al lang bekend. Nieuw is de kruiswoordpuzzel die hierbij staat afgebeeld. Hij is zelfbeschrijvend en u mist dan ook de gebruikelijke omschrijvingen. De opdracht is de puzzel in te vullen met 'woorden' bestaande uit':  
(telwoord)(spatie)(letter)(s)

Waarbij de dingen tussen haakjes verplicht zijn en de meervoudsvorm s alleen bij een meervoud verschijnt. Een in te vullen woord kan dus zijn: *drie* vs. Dat wil dan zeggen dat in de geheel ingevulde puzzel driemaal de letter v voorkomt. Als de puzzel goed is ingevuld, is van alle voorkomende letters het juiste aantal in de oplossing genoemd.

Deze puzzel is ontworpen door Lee Sallows die hem vorig jaar voor Engelse tekst publiceerde in het wetenschappelijke tijdschrift *American Mathematical Monthly* en een Nederlandse bewerking aan *Natuur & Techniek* aanbood. Uw oplossingen moeten uiterlijk 16 januari bij de puzzelredactie zijn. Onder de goede inzenders verloten we een boek uit de Wetenschappelijke Bibliotheek van *Natuur & Techniek*. Alle goede inzenders worden geregistreerd

voor de laddercompetitie. Iedere maand zijn er zes punten te verdienen. Wie bovenaan staat krijgt een gratis jaarabonnement op *Natuur & Techniek* en verliest zijn of haar punten. Oplossingen sturen aan: *Natuur & Techniek*  
Prijsvraag  
Postbus 415  
6200 AK Maastricht



# Inhoud 1988

*De index van de jaargang 1988 is dit jaar voor het eerst in verkorte vorm in het decembernummer opgenomen. Een volledige index over 1988, dus inclusief een trefwoordenregister, krijgt u automatisch toegestuurd bij bestelling van een opbergcassette van 1988 of 1989. Een overschrijvingsformulier hiervoor kunt u eind februari 1989 verwachten, tezamen met het formulier voor uw abonnementsgeld.*

## Register volgens auteursnamen

<i>Amesz, J.</i> Fotosynthese	12-964	<i>Dirinck, P. en Ooghe, W.</i> Bourgondische aminozuren - De chemie van wijn	12-982
<i>Baan, J. van der</i> Scheepsstabiliteit	7-578	<i>Dronkers, J., Kohsiek, L.H.M. en Mulder, J.P.M.</i> Zandhonger - De Oosterschelde slibt dicht	10-838
<i>Balzarini, J.M.R.</i> Het afstoppen van een virus - De eerste geneesmiddelen tegen AIDS	1-2	<i>Dumont, H.J.F.</i> Schelpen in de Sahel - Klimaatonderzoek in meerbodems	9-734
<i>Beekhuis, W.H. en Nes, J. van</i> Contactlenzen - De drijvende prothese	2-86	<i>Eden, C.G. van</i> zie Uylings	
<i>Birch, G.G.</i> Waarom suiker zoet is	12-1018	<i>Ekkers, R.J.</i> Metten in beelden	8-638
<i>Bogaert, M.G. en Fraeyman, N.H.</i> Geneesmiddelen	12-970	<i>Eriksson, A.W.</i> zie Boomsma	
<i>Boer den, P.J.</i> Hoeveel leven op een eiland?	6-438	<i>Eynde, F.L.J. Van</i> Vertalen - Traduire, translate, übersetzen, traducir	11-936
<i>Bonekamp, B.C.</i> zie Boomgaard		<i>Floor, C.</i> Wolken en wervels - Het weer op satellietfoto's	1-12
<i>Boomgaard, Th. van de en Bonekamp, B.C.</i> Synthetische membranen - Selectieve zeven	5-386	<i>Fraeyman, N.H.</i> zie Bogaert	
<i>Boomsma, D.I., Bressers, W.M.A., Eriksson, A.W. en Orlebeke, J.F.</i> Erfelijkheid en milieu - Een onafscheidelijke tweeling	8-662	<i>Fried, J.J.</i> Grondwater - Voorraden bedreigd	3-198
<i>Bressers, W.M.A.</i> zie Boomsma		<i>Gabrielli, N.</i> zie Mancinelli	
<i>Brink, W.J. van den</i> Bodemsanering - Opruimen van een erfenis	2-120	<i>Gaemers, K.J.F.</i> Neutrinobundels	12-976
<i>Bruintjes, Tj.D.</i> zie Khudabux		<i>Gijn, A.L. van</i> De glans van het gebruik - Gebruikssporen-onderzoek aan vuursteen	9-710
<i>Charles, R.</i> zie Moorman		<i>Ginkel, G. van</i> Zuurstof als gifstof	6-496
<i>Coenen, H.P.L.</i> Optische coating - Extra laagje geeft beter zicht	1-26	<i>Groot, C.G. en Vermeer C.</i> Osteocalcine - Signaaleiwit voor botziekten	3-234
<i>Colalucci, G.</i> zie Mancinelli		<i>Heeren, J.J.</i> Continue stroom - Automatische analyse	2-146
<i>Copius Peereboom, J.W.</i> zie Copius Peereboom-Stegeman		<i>Heijkoop, G.</i> zie Jagt	
<i>Copius Peereboom-Stegeman, J.H.J. en Copius Peereboom, J.W.</i> Reproductietoxicologie - Gif beïnvloedt voortplanting	10-850	<i>Hillegers, H.P.M.</i> De bonte berm	7-550
		<i>Hoek, P.J. van den</i> zie Horn	
		<i>Hohnsbein, J.</i> Biomagnetisme - Meten aan een aura	1-58
		<i>Hoofstadt, F.J. van en Stout, G.</i> Brood - Daar zit wat in	5-350
		<i>Hooft, G. 't</i> Elementaire krachten	3-220
		<i>Horn, T.C.M. en Hoek, P.J. van den, Kleyn, A.W.</i> Het harpoeneffect - Wisselwerkingen aan oppervlakken	6-450
		<i>Hosson, J.Th.M. de</i> Composietmaterialen - Samen sterk	3-186
		<i>Humbeeck, J. Van</i> Metalen met geheugen	8-674

<i>Jagt, M.F.G. van der en Heijkoop G.</i> Zuinig met de gasbellen - Warmtepompen en stortgas	1-48	<i>Mrzljak, L.</i> zie Uylings	
<i>Jansen, J.F.W.</i> zie Meijer		<i>Mulder, J.P.M.</i> zie Dronkers	
<i>Janssen, W.M.M.A.</i> Mestreductie bij pluimvee - Milieu pikt een graantje mee	12-1006	<i>Nes, J. van</i> zie Beekhuis	
<i>Jong, G. de</i> Hyperfijne tijdmeting	12-994	<i>Newell, R.R.</i> Bevroren eskimoleven	4-318
<i>Joustra, A.H.</i> zie Mesters		<i>Okken, P.A.</i> Is het broeikaseffect te vermijden?	3-210
<i>Kamp, R.P.T.</i> Microgolfverhitting	4-298	<i>Ooghe, W.</i> zie Dirinck	
<i>Khudabux, M.R. en Bruintjes, Tj.D.</i> De Kwatta-Indianen - Vroege bewoners van Suriname	2-110	<i>Opsteegh, J.D.</i> Chaos in de atmosfeer - De grenzen aan de weersvoorspelling	4-274
<i>Kieboom, A.P.G.</i> Koolhydraat	11-926	<i>Orlebeke, J.F.</i> zie Boomsma	
<i>Kleyn, A.W.</i> zie Horn		<i>Passchier, W.F.</i> Bruin of verbrand - UV-straling op de huid	7-526
<i>Kort de, C.A.D.</i> zie Schoonhoven		<i>Put, L.W.</i> zie Meijer	
<i>Kohsiek, L.H.M.</i> zie Dronkers		<i>Richalet, J-P.</i> Snakkend naar adem - Aanpassing aan grote hoogten	7-562
<i>Kostović, I.</i> zie Uylings		<i>Schoevers, H.</i> De vliegtuigcabine - Leven op grote hoogte	6-462
<i>Kruyt, W.</i> Korstmossen - Een gevoelige symbiose	9-758	<i>Schooneveld, H.</i> zie Schoonhoven	
<i>Kuiter, H.M.</i> Mag alles wat kan? - Ethiek van de voortplantingstechnologie	10-798	<i>Schoonhoven, L.M. en de Kort, C.A.D. en Schooneveld, H.</i> Dubbelleven - Metamorfose bij insecten	4-262
<i>Laan, P.C.T. van der</i> Hoogspanning	11-874	<i>Slot, W.F.</i> Chemofilie en chemofobie - Visies op de chemie	4-286
<i>Lamers, W.H.</i> zie Moorman		<i>Sluyser, M.</i> Oncogenen - Wolven in schaapskieren	4-306
<i>Lloyd, A.T.</i> Als de kat van huis is... - Populatie- genetica van katten	10-826	<i>Steurbaut, W.</i> Nieuwe fungiciden - Schimmels in de val gelokt	6-484
<i>Luyten, P.R.</i> Beelden uit het binnenste - NMR voor medische toepassingen	8-614	<i>Stout, G.</i> zie Hoofstadt	
<i>Luyten, P.R.</i> NMR aan celprocessen	9-746	<i>Trachet, T.C.M.</i> Het antropisch principe - De mens als waarnemer	5-402
<i>Mancinelli, F., Colalucci, G. en Gabrielli, N.</i> Michelangelo opgehelderd - De restauratie van de Sixtijnse kapel	6-474	<i>Uylings, H.B.M., Eden, C.G. van, Kostović, I. en Mrzljak, L.</i> Onstuimige groei - van jonge hersenen	5-414
<i>Meijer, R.J. de, Jansen, J.F.W. en Put, L.W.</i> Straling - Na Tsjernobyl	5-362	<i>Veen, J.C. van</i> Sluipwespen - Succesvolle beleggers	5-374
<i>Meijer, F.</i> Fotonen voor elektronen - Optische communicatie	11-898	<i>Verhaeghe, F.</i> In de porseleinkast van de middeleeuwer	7-590
<i>Menez, A.</i> Slangegif	9-698	<i>Verhagen, J.M.F. en Verstegen, M.W.A.</i> Op de tocht - Klimaatbeheersing in de varkensstal	11-914
<i>Mesters, C.M.A.M. en Joustra A.H.</i> De katalysator in de uitlaat	7-538	<i>Vermeer, C.</i> zie Groot	
<i>Moorman, A.F.M., Charles, R. en Lamers, W.H.</i> Poortwachters - Controlefuncties van de lever	11-888	<i>Vermeulen, J.E.</i> De geheimen van Cheops - Zwaartekracht- variaties verraden onontdekte ruimten	8-650



<i>Verstegen, M.W.A.</i> zie Verhagen	
<i>Videler, J.J.</i> Aerodynamica in vogelvlucht	8-626
<i>Vorhauer, H.C.</i> Vliegen onder geleide	1-38
<i>Wesselius, P.R.</i> A star is born - IRAS-resultaten krijgen vorm	9-786
<i>Wieringa, B.</i> Erfelijk aangedaan? - Het opsporen van genmutaties	10-810
<i>Winnacker, E-L.</i> De biologie industrialiseert	2-98
<i>Wisse, J.A.</i> Het stadsklimaat	2-134
<i>Wit, H.P.</i> Balans en beweging - De werking van het evenwichtsorgaan	3-174
<i>Wittenberg, H.</i> Van propeller tot propfan - Dertig jaar verkeersvliegtuigen	9-722

## Register van artikelen

### Antropogenetica

Erfelijkheid en milieu - Een onafscheidelijke tweeling	8-662
<i>D.I. Boomsma, W.M.A. Bressers, A.W. Eriksson, J.F. Orlebeke</i>	

### Archeologie

De Kwatta-Indianen - Vroege bewoners van Suriname	2-110
<i>M.R. Khudabux, Tj.D. Bruintjes</i>	
Bevroren Eskimoleven	4-318
<i>R.R. Newell</i>	
In de porseleinkast van de middeleeuw	7-590
<i>F. Verhaeghe</i>	
De geheimen van Cheops - Zwaartekracht-variaties verraden onontdekte ruimten	8-650
<i>J.E. Vermeulen</i>	
De glans van het gebruik - Gebruikssporen-onderzoek aan vuursteen	9-710
<i>A.L. van Gijn</i>	

### Astronomie

Het antropisch principe - De mens als waarnemer	5-402
<i>T.C.M. Trachet</i>	
A star is born - IRAS-resultaten krijgen vorm	9-786
<i>P.R. Wesselius</i>	

### Biochemie

Zuurstof als gifstof	6-496
<i>G. van Ginkel</i>	

### Biofysica

Biomagnetisme - Meten aan een aura	1-58
<i>J. Hohnsbein</i>	
Contactlenzen - De drijvende prothese	2-86
<i>W.H. Beekhuis, J. van Nes</i>	
NMR aan celprocessen	9-746
<i>P.R. Luyten</i>	

### Biologie

De biologie industrialiseert	2-98
<i>E-L. Winnacker</i>	
Balans en beweging - De werking van het evenwichtsorgaan	3-174
<i>H.P. Wit</i>	
Dubbelleven - Metamorfose bij insecten	4-262
<i>L.M. Schoonhoven, C.A.D. de Kort, H. Schooneveld</i>	
Sluipwespen - Succesvolle beleggers	5-374
<i>J.C. van Veen</i>	
Onstuimige groei - van jonge hersenen	5-414
<i>H.B.M. Uylings, I. Kostović, L. Mrzljak, C.G. van Eden</i>	
De bonte berm	7-550
<i>H.P.M. Hillegers</i>	
Aerodynamica in vogelvlucht	8-626
<i>J.J. Videler</i>	
Als de kat van huis is... - Populatiegenetica van katten	10-826
<i>A.T. Lloyd</i>	
Poortwachters - Controlefuncties van de lever	11-888
<i>A.F.M. Moorman, W.H. Lamers, R. Charles</i>	

### Bouwkunde

Het stadsklimaat	2-134
<i>J.A. Wisse</i>	

### Ecologie

Schelpen in de Sahel - Klimaatonderzoek in meerbodems	9-734
<i>H.J.F. Dumont</i>	

### Elektrotechniek

Hoogspanning	11-874
<i>P.C.T. van der Laan</i>	

### Energie

Zuinig met de gasbellen - Warmtepompen en stortgas	1-48
<i>M.F.G. van der Jagt, G. Heijkoop</i>	

### Ethiek

Mag alles wat kan? - Ethiek van de voortplantingstechnologie	10-798
<i>H.M. Kuitert</i>	

## **Fysiologie**

- Snakkend naar adem - Aanpassing aan grote hoogten 7-562  
*J.P. Richalet*

## **Fysische geografie**

- Grondwater - Voorraden bedreigd 3-198  
*J.J. Fried*

## **Geneeskunde**

- Het afstoppen van een virus - De eerste geneesmiddelen tegen AIDS 1-2  
*J.M.R. Balzarini*  
Osteocalcine - Signaaleiwit voor botziekten 3-234  
*C.G. Groot, C. Vermeer*  
Bruin of verbrand - UV-straling op de huid 7-526  
*W.F. Passchier*  
Beelden uit het binnenste - NMR voor medische toepassingen 8-614  
*P.R. Luyten*  
Erfelijk aangedaan? - Het opsporen van genmutaties 10-810  
*B. Wieringa*

## **Geografie**

- Zandhonger - De Oosterschelde slijt dicht 10-838  
*J. Dronkers, L.H.M. Kohsiek, J.P.M. Mulder*

## **Informatica**

- Meten in beelden 8-638  
*R.J. Ekkers*

## **Klinische chemie**

- Continue stroom - Automatische analyse 2-146  
*J.J. Heeren*

## **Kunsthistorie**

- Michelangelo opgehelderd - De restauratie van de Sixtijnse kapel 6-474  
*F. Mancinelli, G. Colalucci, N. Gabrielli*

## **Landbouw**

- Nieuwe fungiciden - Schimmels in de val gelokt 6-484  
*W. Steurbaut*

## **Luchtvaart**

- Vliegen onder geleide 1-38  
*H.C. Vorhauer*  
De vliegtuigcabine - Leven op grote hoogte 6-462  
*H. Schoevers*

- Van propeller tot propfan - Dertig jaar verkeersvliegtuigen 9-722  
*H. Wittenberg*

## **Meteorologie**

- Wolken en wervels - Het weer op satellietfoto's 1-12  
*C. Floor*  
Chaos in de atmosfeer - De grenzen aan de weersvoorspelling 4-274  
*J.D. Opsteegh*

## **Milieu**

- Bodemsanering - Opruimen van een erfenis 2-120  
*W.J. van den Brink*  
Is het broeikaseffect te vermijden? 3-210  
*P.A. Okken*

## **Moleculaire biologie**

- Oncogenen - Wolven in schaapskieren 4-306  
*M. Sluyser*

## **Natuurbeheer**

- Hoeveel leven op een eiland? 6-438  
*P.J. Den Boer*

## **Natuurkunde**

- Optische coating - Extra laagje geeft beter zicht 1-26  
*H.P.L. Coenen*  
Composietmaterialen - Samen sterk 3-186  
*J.Th.M. de Hosson*  
Elementaire krachten 3-220  
*G. 't Hooft*  
Microgolfverhitting 4-298  
*R.P.T. Kamp*  
Straling - Na Tsjernobyl 5-362  
*R.J. de Meijer, L.W. Put, J.F.W. Jansen*  
Synthetische membranen - Selectieve zeven 5-386  
*Th. van de Boomgaard, B.C. Bonekamp*  
Het harpoeneffect - Wisselwerkingen aan oppervlakken 6-450  
*T.C.M. Horn, P.J. van den Hoek, A.W. Kleyn*  
Fotonen voor elektronen - Optische communicatie 11-898  
*F. Meijer*  
Hyperfijne tijdmeting 12-994  
*G. de Jong*

## **Nobelprijzen 1988**

- Fotosynthese 12-964  
*J. Ames*



Geneesmiddelen <i>M.G. Bogaert, N.H. Fraeyman</i>	12-970
Neutrinobundels <i>K.J.F. Gaemers</i>	12-976

## Plantkunde

Korstmossen - Een gevoelige symbiose <i>W. Kruyt</i>	9-758
---	-------

## Scheepvaart

Scheepsstabiliteit <i>J. van der Baan</i>	7-578
--	-------

## Scheikunde

Chemofilie en chemofobie - Visies op de chemie <i>W.F. Slot</i>	4-286
Koolhydraat <i>A.P.G. Kieboom</i>	11-926
Bourgondische aminozuren - De chemie van wijn <i>P. Dirinck, W. Ooghe</i>	12-982

## Taalkunde

Vertalen - Traduire, translate, übersetzen, traducir <i>F.L.J. Van Eynde</i>	11-936
---	--------

## Techniek

De katalysator in de uitlaat <i>C.M.A.M. Mesters, A.H. Joustra</i>	7-538
---	-------

## Toxicologie

Slangegif <i>A. Menez</i>	9-698
Reproductietoxicologie - Gif beïnvloedt voortplanting <i>J.H.J. Copius Peereboom-Stegeman</i> <i>J.W. Copius Peereboom</i>	10-850

## Vaste-stoffysica

Metalen met geheugen <i>J. Van Humbeeck</i>	8-674
--	-------

## Veeteelt

Op de tocht - Klimaatbeheersing in de varkensstal <i>J.M.F. Verhagen, M.W.A. Verstegen</i>	11-914
Mestreductie bij pluimvee - Het milieu pikt een graantje mee <i>W.M.M.A. Janssen</i>	12-1006

## Voedingsmiddelentechnologie

Brood - Daar zit wat in <i>F.J. van Hoofstadt, G. Stout</i>	5-350
Waarom suiker zoet is <i>G.G. Birch</i>	12-1018

## Analyse en katalyse

Computers in plaats van graan <i>Joost van Kasteren</i>	1-68
Het sneeuwbaaleffect <i>Simon Rozendaal</i>	1-73
Als twee druppels water <i>Simon Rozendaal</i>	2-160
Psycholoog contra psycholoog <i>Simon Rozendaal</i>	2-164
Een veilig gevoel <i>Joost van Kasteren</i>	2-168
Een zak vol enzymen <i>Joost van Kasteren</i>	3-246
Een klein foutje <i>Peter Mombaerts</i>	3-250
Rabi <i>Izzy Abrami</i>	4-332
Feynman (1918-1988) <i>Simon Rozendaal</i>	4-333
Knoeien in de hersenen <i>Peter Mombaerts</i>	4-334
Universiteit en derde wereld <i>Jaap Willems</i>	4-339
Het jaar van de telecommunicatie <i>Simon Rozendaal</i>	5-424
Help. De bomen verzuren <i>John Zuidgeest</i>	5-428
De crisis in de landbouwwetenschap <i>Joost van Kasteren</i>	6-508
Geharrewar over pillen en poeders <i>Simon Rozendaal</i>	6-513
De metamorfose van het medicijn <i>Simon Rozendaal</i>	7-606
Straling op je bord? <i>Rob Biersma</i>	7-606
Vechten om een bot <i>Simon Rozendaal</i>	8-686
Een biotechnologische perestrojka <i>Joost van Kasteren</i>	8-690
Spiegelbeelden <i>Simon Rozendaal</i>	9-768
In de aanval tegen de hartaanval <i>John Zuidgeest</i>	9-772
Een duivelse experimentator <i>Simon Rozendaal</i>	10-860
Een slimme huisarts <i>John Zuidgeest</i>	10-867
Tegen de stroom in <i>Simon Rozendaal</i>	11-946

De nieuwe televisie <i>Joost van Kasteren</i>	11-951	Muizemodel voor erfelijke ziekte <i>Peter Mombaerts</i>	6-520
De beperkte rationaliteit van de wetenschap <i>Joost van Kasteren</i>	12-1026	Brain drain van Belgische onderzoekers <i>Peter Mombaerts</i>	6-521
De erfenis van Galileo Galilei <i>Paul Wouters</i>	12-1031	DNA-test voor ziekte van Huntington <i>Peter Mombaerts</i>	6-522
<b>Actueel</b>		Patent op muizen <i>Peter Mombaerts</i>	6-IV
		Tweede genetische code ontdekt <i>M. Sluyser</i>	6-IV
Storm voorspellen <i>Lockheed</i>	1-78	Etende tuinfluiters <i>Persbericht Max-Planck-Gesellschaft</i>	6-VI
Gen voor mannelijkheid <i>Peter Mombaerts</i>	1-79	ISO in voetspoor IRAS <i>Persberichten MPG en ESO</i>	7-IV
Verzakkende gebouwen <i>Krupp GmbH</i>	1-80	Eerste Ariane-4 succesvol <i>Jacques Verduijn</i>	7-V
Hennep als papiergrondstof <i>Nieuws uit Wageningen</i>	1-X	Risico's gemanipuleerde bacteriën getest <i>Nieuws uit Wageningen</i>	7-VI
Gebilde geleerden <i>Peter Mombaerts</i>	1-XI	Vlinders kweken <i>Persbericht Noorder Dierenpark Emmen</i>	7-VII
Kristallen smelten beetje bij beetje <i>Newton News</i>	2-154	Wandelende tak <i>Persbericht Noorder Dierenpark Emmen</i>	7-VII
Adoptieve immunotherapie <i>Peter Mombaerts</i>	2-155	Spiegels voor NTT <i>Persberichten ESO en ZEISS</i>	9-778
Onderwatertoerisme <i>London Picture Service</i>	2-156	Tippen chromosomen <i>Peter Mombaerts</i>	9-778
Muizen als geneesmiddelproducent <i>Peter Mombaerts</i>	2-157	Terug van weggeweest <i>Universal News Services</i>	9-780
Lijkwade van Turijn <i>New Scientist</i>	2-158	Ruimte-afval op aarde <i>J.A.B. Verduijn</i>	9-781
Plastic-oppervlak <i>New Scientist</i>	2-159	Zenuwtransplantaties <i>New Scientist</i>	11-IV
Rectificatie Nobelprijs <i>Redactie</i>	2-159	Zichtbaar benzeen <i>Persbericht IBM</i>	11-IV
Rectificatie op 'Het afstoppen van een virus' <i>Redactie</i>	3-257	Duurzame resistentie in tarwe <i>Persbericht LU Wageningen</i>	11-V
Beoordeling vleeskwiteit <i>Nieuws uit Wageningen</i>	3-IV	Röntgenlithografie <i>Persbericht IBM</i>	11-VI
Valstrik voor AIDS-virus <i>Peter Mombaerts</i>	3-V	Blinden PC <i>Explora</i>	11-VII
Magaininen <i>Peter Mombaerts</i>	3-VI	Geslachtsverandering in de zon <i>New Scientist</i>	11-VII
NTT in opbouw <i>Persbericht ESO</i>	3-VII	Puberteit <i>New Scientist</i>	11-VII
Eentiende micronchip <i>Persbericht IBM</i>	5-IV	Regenboogforel luidde noodklok <i>Jan H. Stel</i>	12-V
Vallende katten <i>Nature</i>	5-IV		
Rectificatie bij 'Oncogenen - Wolven in Schaapskleren' <i>Redactie</i>	5-V		
Fokker-100 getest <i>Aviation Week &amp; Space Technology</i>	5-VI		
Rectificatie bij 'Osteocalcine' <i>Redactie</i>	5-VII		
Kandidaat AIDS-vaccin <i>Peter Mombaerts</i>	6-519		



# VOLGENDE MAAND IN NATUUR EN TECHNIEK

## Wolken

Gemiddeld genomen hangen op ieder willekeurig moment boven de helft van het aardoppervlak wolken. De waterdamp in de atmosfeer is daarin vloeibaar of vast geworden. Drs C. Floor biedt ons een inzicht in het ontstaan van wolken, de processen die zich erin afspelen en de neerslag die er uit valt.



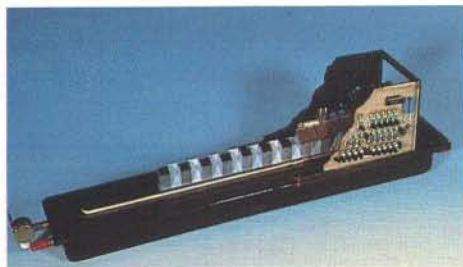
## Reuma

Reuma is een verzamelnaam voor een aantal ziekten en afwijkingen die meestal, maar niet altijd, het bewegingsapparaat treffen. Mensen met reuma hebben vaak veel pijn en kunnen er invalide door raken. Drs P.L.E.M. van Lent belicht de stand van zaken in het onderzoek naar de oorzaken.



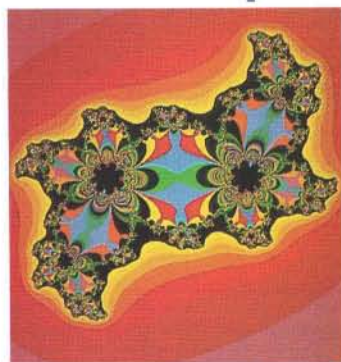
## CCD

De afkorting CCD staat voor Charge Coupled Devices: halfgeleiders die gebruikt worden om beelden op te nemen. Dr ir J. Debuschere en ir J.P.L. Vermeiren laten zien hoe de beeldjes stapje voor stapje uit deze chips wandelen en gaan ook in op de industriële en wetenschappelijke toepassingen.



## Fractalen

Fractalen zijn gecompliceerde wiskundige figuren, die men echter ook kan waarderen als abstract kunstwerk. Prof dr S. Ushiki en prof dr H.A. Lauwerier beschrijven de wiskundige achtergronden ervan. Wie een PC met grafisch scherm heeft, wordt bediend met eenvoudige programma's om ze zelf te maken.



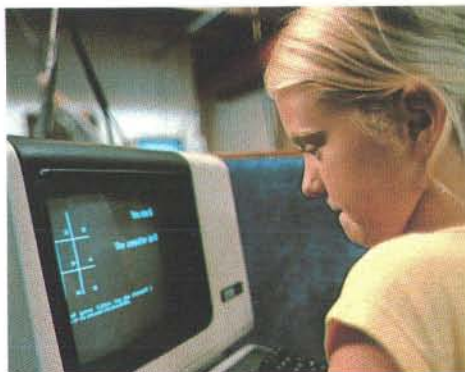
## El Niño

Om de zoveel jaar treedt voor de kust van Peru een drastische verandering op. Normaal is het water er koud en voedselrijk; ineens is het een paar maanden warm en voedselarm. Dr D.B. Enfield schetst de vorderingen die zijn gemaakt om dit fenomeen te verklaren. De oorzaak blijkt ver van Peru af te liggen.

## Groei

Op de geboorte volgt een periode van groei. Niet alleen de omvang van het lichaam neemt toe; ook de verschillende organen komen in een bepaalde volgorde

en een bepaald tempo tot ontwikkeling. Prof dr J.L. Van den Brande beschrijft deze processen. De nadruk ligt op de rol van hormonen en groeifactoren.



# PLANTENVEREDELING

Plantenveredelaars proberen gewassen te ontwikkelen met een optimale combinatie van gewenste eigenschappen, zodat een gewas ontstaat dat én productief, én gemakkelijk te kweken én resistent tegen ziekten en plagen is. Klassiek is het doortelen met bepaalde varianten: planten met geschikte eigenschappen worden gekruist om nog geschiktere te kweken. Tegenwoordig staan de telers ook genetische technieken ter beschikking, waarmee zelfs eigenschappen van andere soorten in een gewas ingebouwd kunnen worden. De eerste genetisch gemanipuleerde planten stonden al op proefveldjes. Het betreffende onderzoek wordt echter ook sterk beïnvloed door economische factoren. Eén van de zaken die in discussie zijn is de mogelijkheid patent aan te vragen op genetische gemanipuleerde planten of het laten prevaleren van het kwekersrecht.

**Zojuist  
verschenen**



**cahiers  
bio-wetenschappen  
en maatschappij**

Voor abonnees op de Cahiers Biowetenschappen en Maatschappij is dit nummer 1 van de 13e jaargang.  
Abonnementsprijs (4 cahiers per jaar) f 25,00 of 485 F. Losse nummers f 7,50 of 145 F (excl. verzendkosten).

## **Inhoud**

**Genetische verscheidenheid**  
A.C. Zeven

**Wat is plantenveredeling?**  
G.A.M. van Marrewijk

**Ontwikkelingen in de plantebiotechnologie**

**Analyse van milieu-effecten is noodzakelijk**  
L. Reijnders

**Risico's van genetische manipulatie bij planten**  
M. Koornneef

**Nieuwe akkerbouwgewassen?**  
L.J.M. van Soest

**Perspectieven voor boeren in de 21e eeuw**  
J.D. Bijloo

**Wettelijke bescherming van planterassen Biotechnologie en kwekersrecht**  
C. Mastenbroek

**Biotechnologie en octrooirecht**  
J. van der Toorren

**Ontwikkelingslanden**  
J.J. Hardon

Verkrijgbaar bij: Natuur en Techniek –  
Informatiecentrum – Op de Thermen –  
Postbus 415 – 6200 AK Maastricht –  
Tel. 043-254044. Vanuit België: 00-31-43254044.